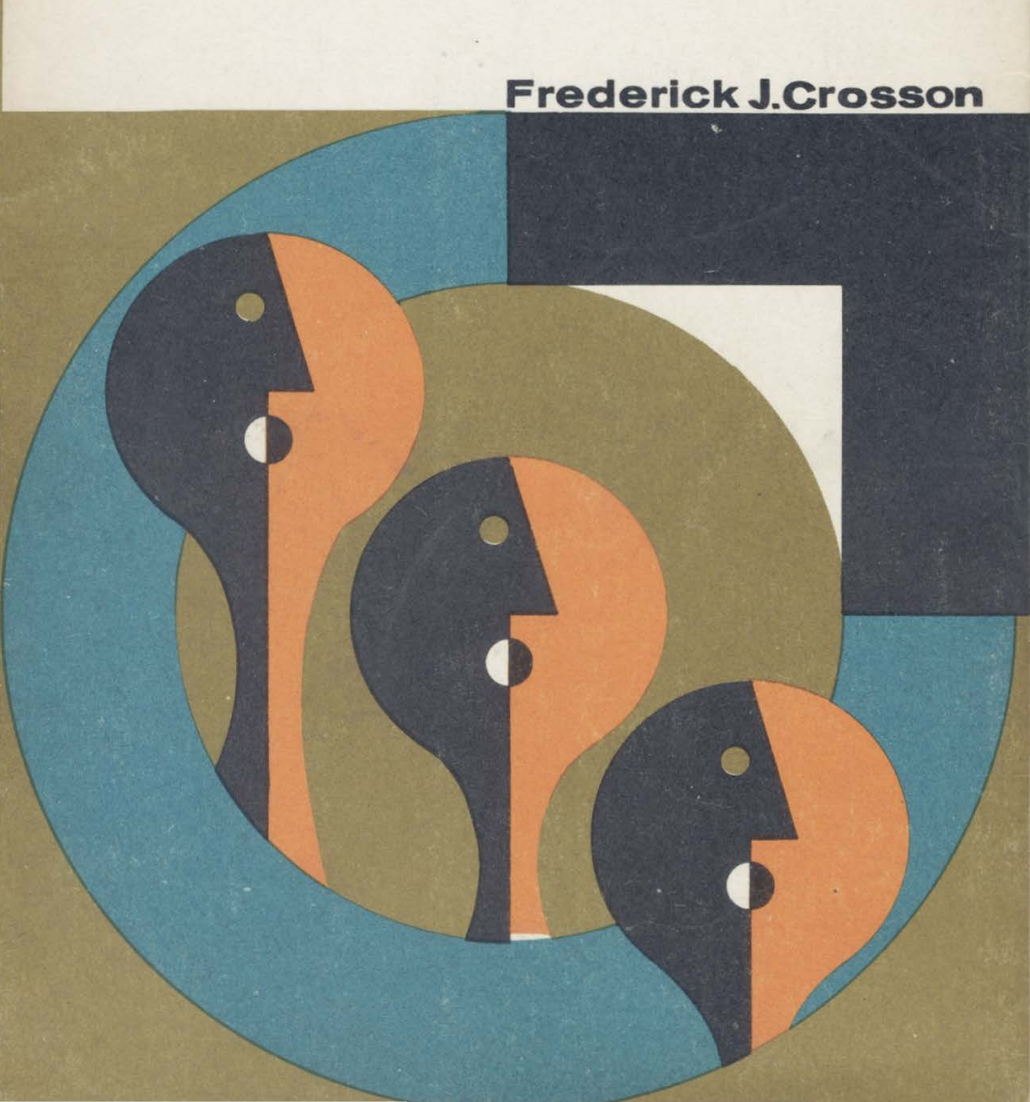
la ciencia
Y LA SOCIEDAD CONTEMPORANEA

Frederick J.Crosson



La Ciencia y la Sociedad Contemporánea

Frederick J. Crosson
Compilador



EDITORIAL LETRAS, S. A.
MÉXICO, D. F.
1970

COLABORADORES:

Milton Burton
Elizabeth Sewell
Richard McKeon
Erwin Hiebert
Michael Crowe
Herbert Feigl
John E. Smith
Ludwig F. Audrieth
Farrington Daniels
Philip Morrison

Título de la obra en inglés:
Science & Contemporary Society

Versión española de Salvador Sumano

Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial. Registro Núm. 283

Impreso en México
Printed in Mexico

CONTENIDO

PREFACIO

Con el fin de la Guerra Civil en abril de 1865, los que eran nuevamente Estados Unidos de América comenzaron a hacer inventario de sus recursos para los años venideros, que habrían de ser de construcción y crecimiento. En el mismo año —en realidad, unos pocos meses después— el Colegio de Notre Dame du Lac hizo una aportación minúscula, pero simbólica, a ese futuro, al otorgar su primer diploma de ciencias, ya que la ciencia y su derivada, la tecnología moderna, habrían de desempeñar un papel cada vez más importante en la evolución cultural y socioeconómica de nuestra sociedad durante el siglo siguiente.

En 1965, la Universidad de Notre Dame, convertida ya en importante centro de adiestramiento e investigación científicos, celebró el Centenario de la Ciencia, para conmemorar aquel acontecimiento de tanto tiempo atrás. Pareció ser una ocasión apropiada para hacer un recuento de la manera en que se han transformado las relaciones entre la ciencia y la sociedad, en realidad, la manera en que la ciencia y la sociedad mismas se transformaron merced a esas cambiantes relaciones. La evaluación retrospectiva sugería otra en perspectiva: ¿cuáles eran los esbozos del futuro, por ejemplo, de los próximos cien años? Este libro constituye el registro de esas evaluaciones y visión, tal y como se presentaron, ante un público numeroso y selecto, por parte de un grupo de científicos, historiadores, poetas y filósofos igualmente distinguidos.

Quizá el hecho más notable que se produjo fue el consenso general manifestado en el sentido de que la tesis de las "dos culturas" era un anacronismo y que la supuesta oposición entre las ciencias y las humanidades se basaba en realidad en un concepto anticuado de la ciencia. El primero y el último ensayos de este volumen, escritos respectivamente por una poetisa y un físico, estudian y ejemplifican dicho tema clara y brillantemente. Parte de la razón para el cambio de concepto es analizada por un eminente filósofo de la ciencia, que en otros tiempos fue defensor prominente de la idea lógico-positi-

vista de la ciencia y tal vez paradigma de los partidarios de ese antiguo punto de vista, actualmente superado.

Recíprocamente, aquella comprensión de las humanidades y de la religión que las definía como opuestas a las ciencias, que concebía a éstas como antihumanistas y antirreligiosas, es motivo de vigoroso repudio por parte de los humanistas y los religionistas. Quizá una señal de dicho cambio la constituyan los dos ensayos escritos por historiadores de la ciencia, practicantes de una disciplina "intermedia" que no existía hace un siglo.

Quedó claro, entonces, que lo que se necesita es una radical reconsideración y renovación de nuestro plan de estudios, así como meditar sobre la manera en que cabe intercalar las ciencias y las humanidades en las distintas etapas de la educación formal. Como dijo una de las personas que participaron en las tareas, es preciso que volvamos a "humedecer el subsuelo", que regresemos y meditemos nuevamente sobre las actitudes y los presupuestos fundamentales con los cuales formamos las metas y las personalidades de los jóvenes de nuestra sociedad. Nuestro simposio concluyó, no con una resolución de estas cuestiones sino con una aclaración de los problemas a que nos enfrentamos. Terminó con un desafío para el futuro y con la esperanza de que, habiendo visto con mayor claridad la forma de estos problemas, estaremos más capacitados para avanzar hacia su resolución.

El reconocimiento por alentarnos y por su variada ayuda debe hacerse extensivo a un gran presidente universitario, el reverendo Theodore M. Hesburgh, C.S.C.,** a un distinguido humanista, educador y ser humano, el doctor George N. Shuster, a los decanos de los colegios de Ciencias y de Artes y Letras de Notre Dame, doctor Frederick Rossini y reverendo Charles Sheedy, C. S. C., al profesor Milton Burton, Director del Laboratorio de Radiación y a su comité del Centenario, al decano Thomas Bergin, del Centro de Educación Ininterrumpida de Notre Dame, a otros, muy numerosos, cuya cooperación generosa simplificó todo y a la Fundación Nacional de la Ciencia, por la ayuda económica que prestó al simposio original.

Gracias en especial se dan al profesor Harvey Bender, del departamento de biología, copresidente del simposio, a Harriet Kroll, de la imprenta de la Universidad, a Marjorie Vanderbeek y Norma Davitt, por su ayuda experta como secretarias, y por último, aunque no por ello menos, a mi esposa, cuyo amoroso cuidado de mi persona hizo posible la atención que dediqué al libro.

Frederick J. Crosson

** Congregationis Santae Crucis.

PROLOGO: UNA MIRADA HACIA ATRAS

Milton Burton

LA VENTAJA DE SER VIEJO ES QUE UNO PUEDE PREDECIR EL PASADO
—GEORGE N. SHUSTER

LOS EXPEDIENTES DE LA HISTORIA

En el curso de una conversación con el distinguido educador Goerge Shuster, señalé en cierta ocasión, que los exámenes históricos más convincentes, por lo menos de acontecimientos relativamente recientes, los realizan individuos de edad avanzada, que transmiten una sensación de participación inmediata, mientras que las profecías más útiles provienen de los jóvenes, que no se ven impedidos por el prejuicio de la experiencia. Sugerí, también, una proposición recíproca: la de que el hombre joven podría exponer la historia con objetividad impersonal, mientras que el de más edad podría ver al futuro mirando hacia atrás, no necesariamente desde este momento en el tiempo, sino desde algún momento futuro que él pudiera escoger arbitrariamente. Podría substituir la imaginación con experiencia y, en lugar de asombro por el futuro, podría poner la aceptación del pasado. La muy aguda observación del Dr. Shuster y esta visión previa de la ciencia son, respectivamente, la consecuencia inmediata y la mediata de nuestro intercambio de impresiones. Proust revivió el pasado al integrar siete libros; la intención de este prólogo es capturar una fracción muy limitada del futuro.

LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA

Cuando recuerdo mis días de secundaria descubro que, aunque mi interés principal fueron siempre las ciencias, los maestros que más fácilmente acuden a mi mente y de cuyos nombres me acuerdo son aquellos que me proporcionaron una sensación de calidad: los que me enseñaron latín, inglés e historia. Es menos vívido el recuerdo que guardo de los maestros de ciencias, y nada hay en mi memoria por lo que respecta ni a uno solo de los maestros de matemáticas. Quizá las razones de tal deterioro habían empezado ya a fijarse hará medio siglo, pues todavía en época relativamente reciente se contrataba a los maestros para que impulsaran uno de los deportes y se les asignaba para la enseñanza de alguna de las ramas de las matemáticas, porque así podrían ocasionar un mínimo de daño... por lo menos así se pensaba.

Empero, en el último cuarto de siglo, la tecnología se ha convertido en algo intensamente vivo y las actitudes con respecto a las ciencias y a las matemáticas han cambiado. Se necesita a los hombres de ciencia y se les alienta, porque el mundo desea el fruto de sus esfuerzos. Los maestros de matemáticas de secundaria no van ya a "clínicas para entrenadores" durante el verano, sino a "cursos para estar al día" en matemáticas.

Cuando fui a la escuela superior y a la universidad, nunca se me ocurrió que pudiera considerarse que una rama del saber era más elevada que otra. En realidad eran los humanistas los mejor conocidos entre los eruditos y quienes establecían el tono de la universidad, pero dado que todos los maestros de aquellos días estaban notoriamente mal pagados, no existían disparidades inquietantes ni había falsos valores. De repente, sin embargo, la tecnología ha proporcionado riquezas, presentando sus demandas y ofreciendo sus recompensas. El científico se percata de que está aparte —de modo más completo si se trata de un especialista— y, si sabe algo de historia, haciéndose cruces sobre lo que ha sucedido.

Hacia el final de este volumen, Farrington Daniels hace hincapié en la tecnología como un producto de la ciencia más bien que como ciencia misma. De acuerdo con las ideas que se aceptan actualmente, el público es capaz de apreciar la ciencia únicamente en términos de la tecnología, es decir de cualquier logro que produce algún tipo de satisfacción hedonista. En nuestras revistas de noticias semanarias, el título de la sección que trata de ciencia varía con los tiempos; es Ciencia, a secas, con menor frecuencia que la Ciencia y el Átomo, Ciencia y Medicina o Ciencia y Espacio. Por contraste, tenemos una sección de Arte, de Música, de Teatro o de Literatura. Una sección sobre Música y Medicina podría, ocasionalmente, venir al caso, pues el lector rápidamente se daría cuenta de que así se establece una relación especial. En cambio, una sección sobre Ciencia y Tecnología no evocaría reacción, ya que se acepta que ambas van *siempre* juntas.

El tema puede examinarse interminablemente. El Congreso de la Unión comprende que la ciencia es importante y, en realidad, maravillosa, pero es preciso recordarle repetidamente, en términos de los frutos tecnológicos o de lo "ya hilado", que vale la pena prestarle apoyo. Se alientan económicamente los logros en las ciencias de la vida, no porque pueda ser intrínsecamente importante que el hombre se conozca a sí mismo, sino en gracia a la viva preocupación que hay sobre el cáncer, la distrofia muscular, las afecciones cardíacas o cualquier otra enfermedad que pueda haber ganado pública nombradía. Ésta es la era tecnológica.

Parte de nuestra actual idea equivocada del papel de la tecnología en nuestra sociedad reside en el hecho de que la ciencia se ha convertido en algo que depende cada vez más de la tecnología. Si un astrofísico quiere saber más sobre el espacio remoto, le es preciso ampliar sus esfuerzos incluso más allá de la compleja maquinaria de óptica del observatorio moderno. Un telescopio de radar con diámetro de 60 metros, montado sobre rieles y un marco de viguetas de acero, controlado de tal guisa que automáticamente permanece fijo sobre algún remoto objeto del espacio, es una necesidad científica. Las observaciones astronómicas por medio de la espectroscopia óptica exigen plataformas espaciales, para que los datos registrados no tengan por qué afectarse con las perturbaciones que nuestra propia atmósfera introduce. Así es como la producción de tecnología de alta calidad y muy cara, se convierte en ciencia. Es curioso que dicha realidad cara en nada disminuye la probabilidad de un apoyo financiero adecuado sino, antes bien, la incrementa. Las grandes industrias quedan involucradas en la producción de ciencia. Es así como, en nuestra sociedad opulenta, el lucro económico y el empleo de muchos individuos se tornan en metas por sí mismas indispensables.

Nos ocupamos de un fenómeno circular. Las necesidades han creado la tecnología, la ciencia la ha mejorado. La tecnología (como sucede con los problemas de la contaminación) ha presentado a la ciencia problemas válidos. Es tanto lo que ha crecido la ciencia que ella, por sí misma, plantea ciertas demandas a los más hábiles tecnólogos los que, a su vez, emplean los logros más refinados de los científicos teóricos para la solución de sus propios problemas inmediatos.

¿Habremos de concluir entonces que, en los próximos cien años, la ciencia y la tecnología han de convertirse en algo tan entrelazado que un esfuerzo por distinguir la una de la otra carezca de sentido? ¿Habremos de aceptar la idea (que plantea algún educador ocasionalmente incisivo de nuestra época, y confieso que pienso concretamente en uno de ellos) de que un científico no es realmente sino un mero manipulador de artefactos?

Las preguntas como ésta no son triviales. Si hemos de delinear el futuro, preciso es que comprendamos nuestro pasado. La ingeniosidad del técnico ha creado una sociedad opulenta y el problema conexo de una clase ociosa impreparada. En el pasado hemos aceptado la idea

de "padre comerciante, hijo caballero y nieto pordiosero" como una consecuencia del debilitamiento de la fibra moral o intelectual de la generación opulenta. En otros países se ha demorado el proceso, porque en ellos hay una aristocracia atrincherada y rigen las leyes de la herencia y el mayorazgo. En nuestro país el proceso se ha diluido (y quizá haya terminado) merced a la diseminación de la opulencia y gracias a la mayor comprensión (por parte de una clase cada vez más numerosa y rica) del hecho de que toda oportunidad especial crea una responsabilidad especial. Prevalece actualmente una mística puritana. Se escucha la llamada del deber y una aristocracia del dinero se está convirtiendo en una aristocracia de la dirección.

Una tecnología nueva exige, en última instancia, cada vez menos trabajadores. El hombre tiene y tendrá la oportunidad cada vez mayor de dedicarse a la contemplación y la creación de la belleza en los números, en la ciencia, en el mundo que nos rodea, en el arte y en el lenguaje. Dado que el fervor moral no podrá ya gastarse al servicio de una minoría de desheredados y puesto que la educación habrá de penetrar profundamente en el seno de nuestra sociedad sin clases, los ociosos buscarán fuera de sus preocupaciones intelectuales o estéticas hasta encontrar actividades físicas (no del todo recreativas) que tengan algún significado como respuesta a una creciente tecnología automatizada.

Cabe describir la vida como un proceso que se ajusta a su medio ambiente de manera que, según se transforma el medio, el proceso se modifica en forma tal que permanece igualmente eficaz o aumenta su eficacia. (En el caso de la muerte, el proceso se hace cada vez menos eficaz y, por ello, finalmente termina). Un proceso viviente involucra un mecanismo que compensa automáticamente su propio deterioro, al crear otro mecanismo que pueda realizar el mismo proceso. Con una definición así de amplia, la vida no se restringe a la materia orgánica. Incluso cabe en lo posible que los dioses intelectuales, tecnológicos, de la nueva clase ociosa, puedan crear fábricas "de vehículos avanzados" (como un ejemplo) programadas para obrar entre sí con otros tipos de fábricas, de manera que, al alcanzar su madurez, puedan producir fábricas nuevas de la clase para la cual están ideadas. El programa mismo dependería del intelecto, de la imaginación, del sentido moral y del fervor de una clase sometida al ocio a pesar suyo y que, según cabe esperar, logre sobrevivir a la clase de máquinas que ha creado, de manera que pueda introducir mejoras o realizar alguna operación de reemplazo más conveniente. Escribo estas palabras meramente para asentar que una predicción en el sentido de que estaremos capacitados "para crear la vida" es, a no dudarlo, fatua. La creación de la vida es un proceso realizable desde ahora mismo, si definimos la vida en términos apropiados y estamos dispuestos a aplicar los fondos y el esfuerzo adecuados.

Es extraño que en el prólogo de un libro sobre ciencia se haga tanto hincapié en la tecnología, y lo es, también, cuando hablamos de la creación de la "vida". Empero, gracias principalmente a una conciencia de tecnología, puede comprenderse la ciencia (así como sus usos). Pídase a un invididuo que prediga los avances de la ciencia, y lo que hará será ver cuál es la ciencia actual y predecir la tecnología del futuro; cuanto más valor y más imaginación posea, más lejos llegarán en el futuro sus predicciones. Por contraste, no es posible la predicción de los avances científicos a no ser que se haga sobre cuestiones esencialmente triviales. Se puede afirmar, a manera de ejemplo, que habremos de aprender la forma de resolver ciertas ecuaciones matemáticas (v. gr., problemas de mecánica cuántica) que pueden eliminar la necesidad de ciertos experimentos tediosos. Parece casi indudable que los biólogos lleguen a descifrar las claves genéticas y realicen a voluntad las modificaciones planeadas, sinteticen proteínas complejas y aprendan en qué consisten los detalles complicados de la percepción, la respuesta, la memoria y el pensamiento. También es de esperar que las investigaciones de la física de las partículas y las subpartículas desemboque en las sub-subpartículas. Dean Swift captó la misma idea cuando meditó sobre el piojo, sin recurrir a la pomposidad científica. Podemos establecer sin tasa predicciones de poca importancia, siempre que lo hagamos únicamente para un futuro inmediato.

La verdadera lección que por lo que a hace la ciencia cabe aprender del pasado, es que no podemos anticipadamente imaginar ni predecir muy adelante. Podemos, sin embargo, meditar provechosamente sobre las *fuentes* de la ciencia en el futuro. Para el año 2065 no existirá ya el problema de ciencia y tecnología. La tecnología habrá progresado lo bastante como para satisfacer todas las necesidades. El problema entonces será el del hombre y los usos de la tecnología.

En los últimos años muchos científicos se han preocupado de problemas esencialmente ecológicos. "¿Qué sucedió con los dinosaurios?" La desaparición del dinosaurio no es un problema único. Ha habido clases enteras de animales cuya historia parece haber terminado abruptamente. "¿Por qué, en un pasado remoto, estaban situadas las zonas tropical y frías de manera diferente?". Comienzan ya a brotar respuestas que ligan tales afectos con la migración de los polos magnéticos, la fuerza del campo magnético, la acción del bombardeo exterior de nuestro planeta con protones, y así sucesivamente. Tan enormes son en sus implicaciones, que es dudoso que el científico haga alguna vez algo más que solicitar del tecnólogo que ayude a su verificación. Violenta la imaginación creer en una posibilidad así, pero puesto que realmente pensamos en ella, preciso es que aceptemos la probabilidad, no importa cuán pequeña sea, de que el científico y el tecnólogo, al trabajar juntos, lleguen a ocuparse en última instancia del problema de la supervivencia de nuestro mundo en el seno de nuestro muy curioso universo. Sin embargo, es del todo improbable que se intente la solución de dicho problema durante los próximos cien años. Por otro lado, el más inmediato problema ecológico del mantenimiento de la vida en un planeta en el cual los seres humanos están acabando con

sus recursos naturales, puede llegar a ser de importancia predominante en los próximos cien años y acabar tanto con los problemas de una sociedad opulenta (de científicos, artistas, humanistas, hombres de letras, tecnólogos) como con la propia sociedad.

Una hipótesis ocasional es que la relación entre la ciencia y la tecnología resulta por sí misma evidente y de que a este respecto (téngase presente al científico como manipulador de artefactos) la ciencia difiere de las artes y de las humanidades. Sin embargo, lo cierto es que la cultura lo mismo exige de la tecnología y la enriquece que, gracias a ella, se enriquece y se hace más vital. Considérense el arte y al arquitecto, las artes de la actuación y el teatro o, en un grupo cerrado, la pintura, la escultura, el museo y la arquitectura. O bien, nótese la lectura veloz y la electrónica o el estudio de una lengua y el laboratorio de lenguajes. El hecho de que existan dispositivos para registrar y reproducir, no sólo ha mejorado la enseñanza y el estudio de las lenguas sino que ha afectado enormemente la índole del tema que se aprende así como la calidad y el carácter de la comunicación internacional.

EL APRENDIZAJE Y SUS USOS, 2065

Y ahora héme aquí, nuevamente joven, viendo hacia atrás desde un futuro que se ha convertido en mi presente. ¿Podrá ser cierto, pregunto yo, que en un pasado ya distante las personas se confundían a sí mismas al clasificar los conocimientos en cuanto a calidad (aparte de hacerlo en cuanto a tipo)? ¿Creían realmente que un hombre puede ser docto sin contar el deber moral? ¿Vivían en un estado tal de temor por la supervivencia individual, estaban tan conscientes de sus propias personas y de lo que interpretaban como sus necesidades o sus ventajas personales que presuponían los usos del intelecto y argüían sobre los méritos relativos de los logros en los varios campos de la brega intelectual y que veían a la tecnología como una especie de prostitución intelectual y desaprobaban cualquier rama del saber que sirviera a la tecnología?

¿Qué era lo que se pretendía? ¿Estaba el hombre tan limitado de intelecto, de fuerza para expresarse, de capacidad para sentir, que quedaba por ello restringido a la realización en uno solo de estos campos, y por fuerza había hecho caso omiso de los otros o los había descuidado? No estamos por cierto completos, pero lo menos, lamentamos nuestra ignorancia y nos hace felices el contribuir a aquellas variedades de la tecnología que hacen de 2065 un año tan intrigante y emocionante en el cual vivir.

LITERATURA CIENTÍFICA, 1965

Una de las ventajas menos dudosas de la edad madura es que se puede ver en retrospectiva la época de nuestra inocencia, de nuestros primeros anticipamientos, de nuestras expectativas limitadas y de las sorpresas; y, en términos de una experiencia así, si todavía se cuenta con una mente alerta y se es suficientemente joven como para ser imaginativo, dar algunos puntos de vista sobre el futuro que, siendo sobrecogedores, tengan, sin embargo, sentido en un grado considerable.

En los últimos cuarenta y cinco años he vivido dentro de la ciencia y, unos cinco o diez años antes de eso, me percaté de su existencia. Recuerdo que a la edad de diez años más o menos, me afectó profundamente un libro de Soddy (¿o fue, quizá de Ramsay?) sobre radioquímica (o radiofísica, no química *nuclear,* desde luego, porque esa idea apenas entonces nacía) y supe desde aquel momento que mi carrera habría de desarrollarse en el campo de la ciencia. Así pues, tanto mis prejuicios como mi obstinación tienen fuerte raigambre, ya que llegan hasta los primeros tiempos, hasta aquella época en que era posible escribir un libro con el que se pudiera encantar a un chico de diez años y, al mismo tiempo, hablar de todo lo que valiera la pena haber registrado en un campo completo de la ciencia y hacerlo utilizando un lenguaje adecuado para los requisitos y la curiosidad de un estudiante graduado.

Aproximadamente en la misma época, y quizá dentro de los cinco años que siguieron, experimenté en la sala de espera de un doctor una sensación que ha quedado en mi conciencia tan vívidamente que estoy convencido de que fue un hecho real. Al igual que en la actualidad, en aquellos días había revistas en las antesalas de los médicos (y, puesto que la tradición es poderosa y basada en orígenes reales, probablemente eran revistas atrasadas). Recuerdo haber leído en una de aquellas revistas (¿sería, acaso el *Literary Digest?)* algo sobre la idea de Harkins relativa al núcleo compuesto, una idea muy profunda en verdad, y por la cual recibió muy poco crédito mientras vivió. La memoria es una cosa extraña. ¿Habré confundido dos salas de espera? ¿Sucedió diez días después de lo que recuerdo? ¿Eramos entonces, tanto el mundo como yo, más susceptibles para las ideas profundas? ¿Cómo, si no, se perdió una idea tan asombrosa y se olvidó momentáneamente (en el tiempo universal) antes de que se convirtiera en parte integral de nuestros conceptos más fundamentales sobre la materia? Las respuestas para interrogantes así carecen de importancia. Lo que es importante es el hecho de que en aquellos días podía ponerse a un chico en contacto con ideas lo suficientemente profundas como para hacer titilar los intelectos más adelantados. La ciencia, el conocimiento de la ciencia, era todavía, con un cierto grado de perfección, una meta asequible.

La historia de la ciencia es en verdad encantadora. Davy pudo transpasarle a Faraday los conocimientos totales de electroquímica con que se podía contar a la sazón en el mundo. Nadie puede dudar que hubiera alguien, durante la vejez de Faraday, que supiera algo sobre electroquímica y temas afines que el propio Faraday no pudiera asi-

milar rápidamente por medio de la lectura y, desde luego, lectura que no interfiriera con el desarrollo de los experimentos en su laboratorio. He leído, o quizá me han contado, que cuando Wilder Bancroft era un jovencito, se preparó él mismo para una carrera de químico leyendo todos los números atrasados de la publicación *Journal of the American Chemical Society* (Diario de la Sociedad Química Norteamericana) y quizá los de su antecesora, cualquiera que haya sido su nombre. Por supuesto que cuando ingresé a la Sociedad Química Norteamericana (American Chemical Society) hará unos cuarenta y cinco años, tal tarea hubiera sido mucho más formidable. En consecuencia, nunca se me ocurrió intentarla, pero sí que leí de cabo a rabo todos y cada uno de los números nuevos del *Journal* (aunque no pueda recordar para qué buen propósito lo hice) y también leí *todos* los artículos en la publicación *Chemical Abstracts* (Sumario de Química), en aquel entonces menos formidable. A medida que envejecí y me torné más refinado y más ocupado, mi apetito se tornó más selectivo y me encontré con que leía una cantidad proporcionalmente menor de una literatura que estaba en constante expansión. En la actualidad, dependo cada vez más de la palabra hablada que proviene de mis alumnos, de mis asociados y de los colegas que me encuentro en los congresos científicos a los que asisto. Hubo un tiempo en que el asistir a todos estos congresos, cualquiera que fuese su importancia, constituía una posibilidad física (ya que no financiera). Ahora, tal época ya pasó. Mi curiosidad es igual de ávida, y crece constantemente el número de congresos que provocan mi interés; pero, por supuesto, asisto tan sólo a una pequeña parte de ellos y ni siquiera tan eficazmente como cuando asistía al congreso ocasional de mis primeros días. En aquel entonces yo sabía de cabo a rabo los antecedentes de los trabajos sobre los cuales se informaba y discutía. En la actualidad, sé muy bien que hay antecedentes, pero ni intento ya aquilatar sus minucias.

¿Cuál es la lección que se desprende de esta breve relación de una fase de *mi* experiencia científica? Unicamente que la literatura científica resulta demasiado abrumadora para ser útil. Uno toca ligeramente los hechos y deja escapar las ideas profundas —o las atrapa, si es que lo hace, tan sólo en parte y, por ende, no realmente—, porque si uno estudia realmente un aspecto, pueden muy bien pasarle inadvertidos otros diez o más. Por supuesto que el especialista, el verdadero especialista, puede restringirse a sí mismo, puede limitarse a una brillante faceta de la joya de la ciencia y, al mirar en su seno exclusiva y profundamente, puede muy bien ver todo lo demás por reflexión; pero una persona y una actuación así son en verdad raras e incluso a ella puede abrumarla y sumergirla la corriente enorme de palabras impresas.

Así pues, lo que he aprendido en aproximadamente cincuenta años, sobre los registros del progreso científico y el acto de registrarlo, es sólo que unos y otro se han convertido en una empresa sumamente vasta, cuya utilidad se hace marginal.

En un prólogo verbal dirigido al Simposium a que se refiere este libro, dejé asentado el hecho de que los científicos comprenden que hay formas del saber que no cabe medir sino sólo sentir. También es un hecho que los científicos poseen un cierto grado de escepticismo con relación a las cosas que miden y que presumiblemente ensayan y verifican. Su escepticismo se extiende tanto a las inferencias que pueden elaborarse a partir de tales mediciones como a las mediciones realizadas para poner a prueba la aceptabilidad de sus ideas más profundas. La dificultad del saber científico llega hasta el significado del saber. Sin embargo, podemos detenernos antes de la profundidad elemental y aplicarnos a la cuestión más sencilla de averiguar el valor que tienen nuestras inferencias basadas en las mediciones más dignas de fiar.

La lógica simbólica no era materia que atrajera la atención de ningún gran grupo de científicos hará unos cincuenta años. Empero, en estos días, bien pueden entrar en contacto con la lógica simbólica, mientras están todavía en la etapa de la adolescencia, los estudiantes que asisten a los cursos de verano de los institutos de matemáticas. Se ofrece como curso terminal de matemáticas en algunas instituciones, para estudiantes que no pretenden avanzar más en sus exploraciones matemáticas dentro de las carreras que han escogido. Presumiblemente, el fondo filosófico de una oferta así es que *quizá* el futuro abogado pueda aprender de tal forma a poner a prueba la validez de su argumento o de su instancia, o de que, por tal conducto, reciba un futuro juez los instrumentos para poner a prueba la diferencia entre lo que es brillante y lo que constituye una prueba. O bien, que el futuro médico pueda aprender la diferencia que hay entre la buena fortuna y la sabiduría... y aprenda lo que es sabiduría. La idea se hace fácilmente extensiva. El matemático desea, si no puede lograr hacer algo mejor, arrojar buena semilla.

No obstante, la lógica simbólica tiene en verdad una utilidad directa para el científico. Si la emplea rigurosamente, puede al mismo tiempo establecer sus conclusiones y su grado de aceptabilidad. Puede delinear sus conocimientos y, de ese modo, expresar su ignorancia, y hacerlo en forma de un simbolismo matemático que tiene un significado riguroso. Los símbolos, cuando se les define y entiende apropiadamente, tienen una singularidad de significado, ocupan muy poco espacio y, en principio, hacen posible la transmisión de su sentido.

El verdadero problema de comunicación en la ciencia es la transmisión del significado, precisamente como, en la ciencia misma, el problema verdadero es el desarrollo de aquél. El estudiante de ciencia, el explorador de la literatura de la ciencia, con excesiva frecuencia, se pierde, no en un árido terreno desolado, sino en una lujuriosa selva de información, ocasionalmente aminorada por la existencia de una superficie cultivada, en la cual ve orden, simetría, objeto y, ocasionalmente, producto. Desgraciadamente para el explorador, tales refrescantes jardines de claridad no contienen toda la

riqueza de la selva. Mucho es lo que queda por desenmarañar, examinar e interpretar. Dado que el número de quienes buscan no crece tan rápidamente como la lujuriamente proliferación de la selva y dado que aun el mejor de los exploradores es finito y acaba por cansarse y descorazonarse, el hecho es que todo lo que es valioso intrínsecamente, se pierde casi con la misma rapidez con que se produce.

Cuántos de nosotros, después de leer un artículo, nos hemos tropezado con la conclusión de su autor (o, según está en boga, de sus múltiples autores) y nos hemos preguntado; "¿Qué demonios quiere decir?". Todavía peor es lo que experimentamos con un autor que se olvida de indicar el propósito y el contenido afin y no llega a la interpretación de algo realmente nuevo. Entonces la interrogante se convierte en: "¿Qué diablos significa *ello*?" Bueno, pues entre otras cosas, "ello" puede significar técnicas malas u observaciones defectuosas y, al carecer del esfuerzo de un autor decidido que esté convencido de lo fidedigno de sus hechos y objetivos ocultos (objetivos, desgraciadamente, ocultos a veces para él mismo), "ello" se pierde en el limbo de los hechos olvidados. Cuando se vuelven a descubrir los hechos por una persona que sabe *por qué* los desea, primeramente se convierten en reales y útiles, mientras que quien los descubrió originalmente lamenta la existencia de un mundo que parece haber hecho caso omiso de él terca y deliberadamente. El único resultado ocasional es que se añada a la ya de por sí turbia literatura de la ciencia, la declaración de un derecho previo, simiente segura de la literatura de polémica.

En cualquier vaticinio del futuro, aun el de la ciencia, es una equivocación pasar por alto el efecto de la vanidad humana, de las limitaciones o de las necesidades humanas, pero también es un error tergiversar o evaluar equivocadamente a una u otras. A la necesidad la afectan las posibilidades; por ende, son las posibilidades del futuro las que debemos precisar primeramente. Dichas posibilidades están íntimamente entremezcladas con probabilidades inmediatas y futuras. En consecuencia, son éstas últimas las que ahora examinamos.

Los hombres de ciencia no son ya depósitos adecuados del saber científico. Ese día, si alguna vez existió, pasó cuando yo era todavía un jovencito. Los depósitos del saber son las bibliotecas, los cuadernos de notas y las microfotografías de éstas, complementados por las tarjetas de archivo, una que otra cinta o tambor magnetofónico y vagas memorias. Los depósitos, como sabemos no bastan. El recuperar la información, sopesar su significado y valor y transmitir tales datos son, todos, pasos de importancia extrema. El objetivo principal es recuperar el significado en una ocasión útil. ¿Y qué es una ocasión útil?

La "ocasión útil" depende del valor de la persona que hace uso de ella. Idealmente, la persona que investiga, al evaluar e interpretar sus estudios (y sus hechos concretos), a su vez desarrollados sobre la

presunción de un conocimiento adecuado de la literatura pertinente, debe tener acceso a hechos e ideas pertinentes, en el acto, en un grado que queda determinado únicamente por su propia capacidad limitada para emplear la información que recibe. Las palabras "en el acto" requieren también ser definidas. Para la mayoría de las personas, "en el acto" son palabras que se ligan, entre otros factores, con la velocidad para leer, la flexibilidad mental y la rapidez para percibir y valorar. Un plazo de algo así como veinte segundos o veinte minutos deleitaría a la mayoría de quienes, como nosotros, estamos empantanados merced a la necesidad de buscar en la literatura correspondiente.

LITERATURA CIENTÍFICA, 2065

Si ahora imagino que soy un científico joven del año 2065 que revisa los acontecimientos de los 100 años anteriores lo que declararía sería lo siguiente: Resulta difícil creer, excepto para aquellos historiadores de la ciencia que husmean en bibliotecas viejas y olvidadas, que hubo alguna vez una vasta literatura científica, publicada en forma al parecer seriada, en miles y miles de publicaciones científicas periódicas (mensuales, quincenales y aun semanales). Esta literatura, llamada abierta, se complementaba con una cantidad aproximadamente igual de informes, destinados a expedientes cerrados, a comités del Congreso de la Unión, al abogado de patentes o al olvido. Todavía más, había diarios consagrados a la publicación de "cartas", las cuales eran consideradas tan importantes que la sociedad no podría soportar la usual demora de cinco o seis meses que se requerían para la publicación regular. Había muchos diarios con extractos de la literatura en boga, extractos que eran tan extensos que nadie podía leer todos los relativos a su propio campo. Había diarios con títulos de manera que así pudiera uno, *quizá*, al menos conocer los títulos, ya que no los temas correspondientes. Había diarios con "palabras clave", que podían permitir que alguien, si tal fuera su inclinación y si tuviera el tiempo necesario, por lo menos entrara en contacto con los numerosos títulos nuevos de las obras relativas a su campo específico de interés.

Contrástese esa incivilizada aglomeración de "conocimientos" científicos (quizá debiéramos decir de "ignorancia" científica) con el orden que prevalece en nuestros días [2065]. Un científico puede meditar y producir sin verse abrumado por la abundante literatura científica ni contribuir a que la misma aumente. En primer lugar, actualmente no tiene ya necesidad de expresarse con el inadecuado lenguaje de la poesía o del espíritu como el inglés, el alemán, el francés o el latín o, incluso, en forma menos adecuada, recurriendo a los bellos lenguajes de las ideas sentidas, como (según me dicen) algunos de los antigüos chinos. Sólo el simbolismo preciso de las matemáticas tiene significado para nosotros. Contamos con fácil acceso a todos

los hechos mensurables y susceptibles de interpretación lógica.

Los científicos de 1965 no imaginaron un mundo en el que no hubiera literatura científica. No podían haber concebido una época como la nuestra, en la cual basta oprimir un botón para que aparezcan en nuestros escritorios, dentro del campo de nuestra visión, tanto las conclusiones que hay sobre cualquier conjunto de temas como, en el grado y detalle que queramos, los hechos y la estructura lógica sobre los cuales descansan dichas conclusiones. Mal podían haber imaginado una época como la nuestra, en la que programamos el trabajo de nuestras computadoras para que contesten preguntas como, por ejemplo: "si a, b, c y d son ciertos, ¿se sigue de ahí que x, y o z sean ciertos?" Ni siquiera podrían haber comprendido la posibilidad que ahora nos ronda de obtener una respuesta útil a la pregunta: "Si a, b, c y d son ciertos, ¿qué es entonces cierto o qué podemos hacer enseguida para determinar algo que sea cierto y útil?" Por supuesto que a algunos de entre nosotros nos acosa la interrogante de cuál sería nuestra propia utilidad en un mundo presumiblemente dominado por la computadora. Dejadme asegurar ante vosotros, lectores del año 2065, que los científicos no tienen nada que temer. La computadora es capaz de hacer únicamente lo que en ella introducimos nosotros. Lo que el hombre tiene es imaginación. Así pues, no cabe esperar ni temer que los próximos cien años [2065-2165] sean testigos de la eliminación de la necesidad de científicos ni de la disminución de nuestro papel.

En el período de 1865 a 1965 se hizo evidente que de mala gana se había abandonado la vieja idea de que los individuos pueden ser enciplopedistas. En el año 2065 podemos anticipar un futuro en el que ingresen al mundo de las computadoras tanto la enciclopedia del saber como los medios para su evaluación. Podemos avizorar un futuro al que no restrinjan los artefactos sino la imaginación, la capacidad de emplearse intelectualmente y la fuerza moral del ser humano para emplear su tiempo libre y para manejar la potencia con que a diario lo dota la tecnología.

Un Siglo en Retrospectiva

1

LA CIENCIA Y LA LITERATURA

ES INAGOTABLE AQUELLO QUE ES REAL

Elizabeth Sewell

Para celebrarlo, cien años constituyen un período espléndidamente arbitrario. Quizá no señale más que el idilio que hay entre la humanidad y el número 10, desde el punto y hora en que algún genio inventó el dígito "cero" y a nosotros nos dio por los números arábigos. Ello no obstante, siento verdadera gratitud para con la Universidad de Notre Dame por el hecho de que en 1865 comenzara a conferir títulos de ciencia, ocasionando así este libro, pues si todo ello hubiera sucedido quince años antes, en 1850, yo, con el tema de la ciencia y la literatura que me asignaron, me hubiera tenido que quedar irreparablemente atascada en el *In Memoriam* de Tennyson. Tal como son las cosas, puedo, en lugar de eso, cuando lleguemos al meollo de nuestro tema, comenzar con dos obras magníficas y sin tener que hacer trampas innecesarias sobre fechas exactas (aunque haré unas poquitas de trampas de este tipo cuando tenga necesidad de ello). Las obras en cuestión son el ensayo que sobre Shakespeare realizó Víctor Hugo en 1864-1865 y "Pasaje a la India" de Walt Whitman, obra ésta que se entregó en 1869 a una revista literaria y fue rechazada.

Confieso que fue mucho lo que me tentó otra obra de dicha fecha exacta, 1865, *Las Aventuras de Alicia en el País de las Maravillas,* como posible punto de arranque para mis observaciones aquí; empero, resistí esa tentación.

Lo que quiero decir tiene, para que le ayude a subsistir, una divisa y una forma. La divisa está arriba: "es inagotable aquello que es real". Tiene un grado de adecuación especial y ligeramente cómico, porque el pensamiento —y vaya que es un pensamiento maravilloso— es el de un científico: Michael Polanyi; sólo que entonces yo lo enmarco en esa forma especial, de manera que resulta ser la producción mezclada de un científico y de un poeta. La forma que tiene lo que quiero decir se comprende mejor si se piensa en dos grandes curvas. Concíbanse como dos arcos iris que se intersectan cerca de donde arrancan. Uno es grande, y ese es nuestro tramo de cien años de ciencia y literatura. El otro, mucho más pequeño, tiene una luz de veinte años y representa mi propia experiencia sobre este tema. Enmedio de los dos, según pasemos a través del pequeño espacio donde se intersectan las curvas, espero decir unas cuantas palabras vituperadoras sobre la educación, aunque no sea ese mi tema oficial.

La divisa nos otorga el principio de acuerdo con el cual habremos de tener y observar, así como desechar elementos de nuestro tema. La forma nos suministra una progresión dinámica que no sea una recta estéril. Una y otra, según espero, habrán de salvarnos de aquello que más frustra lo mismo al instructor que al estudiante, o sea un curso de repasos.

Más vale que veamos, antes que nada, qué es lo que tenemos entre manos o, por lo menos, lo que yo tengo entre manos, por lo que hace a alcance y esfera. "La Ciencia y la Literatura, 1865-1965" es, como se ve a las claras, tema tan extravagantemente enorme que decidí no investigar nada de él, sino sacar a colación aquello que ya supiera, y esperar que encajara bien. Tomad la ciencia desde 1865 y meditad sobre ello. Nos viene a la mente casi todo, desde medicina hasta la ciencia militar, la cibernética, lo explosivo versus lo estable, quasares, rayos laser, toda la psicología y la psiquiatría modernas, Schliemann y Micenas y el resto de todo eso (y tan solo recientemente el *Times* inglés informa de un descubrimiento maravilloso de jarrones de oro en el sitio del palacio de Nestor en Pilos y del científico a cargo de todo que comenta: "Vaya, vaya, de modo que Homero tenía razón después de todo") y no sólo Schlieman y Micenas sino también Spemann y los organizadores, la cristalografía de las proteínas, la ingeniería de sistemas en los cohetes, la vida sexual de las bacterias, partículas atómicas que son dextrógiras y levórigas, la antimateria y así sucesivamente. Pasando a la literatura en el mismo siglo, está la novela, el drama, la poesía, la crítica y hasta el cinematógrafo y la historieta de dibujos ambos junto con sus contrapartes más augustas; y si nos referimos a personalidades, podemos ir desde los tres ya mencionados, Tennyson, Hugo, Whitman, hasta cualesquiera otros tres nombres que nos venga en gana mencionar entre aquellos de nuestros contemporáneos, que pudieran, en nuestra opinión, equiparse a esos notables pugilistas. Y en cuanto a países, puesto que la tarea asignada fue en literatura comparada, están Francia y Alemania y los Estados Unidos e Inglaterra; podría haber, por supuesto, muchos más, pero éstos son todos sobre los que sé algo, aunque sólo sea someramente.

Así pues, hay dos hilos, el de la ciencia y el de las letras. Éstas avanzan juntas a través de nuestro claro de cien años, y es preciso que indaguemos la índole de la relación entre ellas, porque ambas son cosas separadas y, sin embargo, sin embargo... nos encontramos deseando corregir la anterior declaración tan pronto como la expresamos. Comenzaremos viendo, con la ayuda de nuestra divisa, qué es lo que podemos desechar, es decir aquellas relaciones entre la ciencia y la literatura que sean agotables y, por ende, irreales. Me parece que hay cuatro de éstas.

La primera es, aunque irreal sumamente capaz de hacer que uno se encariñe con ella. La forman los científicos que se arrojan al seno de la poesía y los poetas que se lanzan al campo de la ciencia; y hay más gente de cada uno de estos tipos de lo que cabría suponer. En el primer grupo, dentro de nuestros tiempos, pienso en Alfred Rusell Wallace y en Sir Ronald Ross y he aquí nuevamente a ese obsesionante matemático y estudioso de la lógica simbólica que murmura sobre Jabberwocks y el Padre William. De los poetas que hacen incursiones en el terreno de la ciencia, los dos más notables escapan en realidad a mi alcance debido a sus fechas. Son Goethe, por supuesto, y Poe, que expone la teoría del estado explosivo, en *Eureka,* en 1848 (¿de dónde la obtuvo? se pregunta uno). Bien dentro de nuestra esfera, empero, se encuentran aquellos poetas de fin del siglo XIX que en Francia generaron la pasión de transformar el lenguaje en los vacíos puros de las matemáticas o de la música: Mallarmé, cuya obra Valéry llamó un álgebra estelar, y el propio Valéry, que en cierto momento de su vida abandonó del todo la poesía, para consagrarse durante algunos años a las matemáticas. Es de lo más interesante descubrir que Mallarmé dice de su propia obra: "Mon oeuvre est une impasse".* En otras palabras, agotable. Debemos pasar adelante.

El segundo atolladero que encontramos en las relaciones entre la ciencia y la poesía es donde se exhibe la hostilidad entre una y otra, o una disyunción sobre el principio, como sucede por ejemplo en el ensayo del profesor I. A. Richards, *Ciencia y Poesía,* del año 1926. Hay varios poemas sobre el tema de la hostilidad, todos ellos muy poco satisfactorios. Es también demasiado temprano para el soneto de Poe, pero bien podríamos traer a colación *Locksley Hall Sixty Years After* (Locksley Hall Sesenta Años Después); y mi propia memoria recobra algo de Walter de la Mare —sobrecogedor en poeta tan sincero y dulce— en que la Poesía aparece como una hermosa dama y la Ciencia como un... ¿*podría* ser un cerdo? Fuime a consultar y allí estaba "La áspera ciencia olfateando en el pasto", ciencia que "gangueaba... chillaba... gruñía". Bien en exceso me

* Mi obra es un atolladero.

había servido mi memoria. No hay sendero aquí que sirva para la poesía (o para la ciencia).

La tercera relación entre ciencia y literatura que también, yo creo, resulta susceptible de agotarse es cuando la literatura trata a la ciencia como un problema y se establece, o se supone, algún conflicto como centro de la acción. Se aplica principalmente al drama cuya esencia es el conflicto, tal como lo creemos, y así precisamente es como debe funcionar; se aplica también, hasta cierto punto, a las novelas. Empero, aquí rara es asimismo, la obra buena. Como especímenes de este tipo de relación, cito la novela de Bourget *Le Disciple* (El Discípulo), de 1889, la temprana novela *The Search* (La Búsqueda), de Sir Charles Snow, y un par de obras teatrales que he visto o leído, *The Flashing Stream* (La Corriente Centelleante) de Charles Morgan y otra, más reciente, llamada *The Burning Glass* (El Cristal Quemante) cuyo autor escapa a mi memoria. (Puedo recordar solamente una novela y una obra de teatro —ambas excelentes y más bien fuera de lo trillado— que tratan de la relación verdadera entre la ciencia y las artes, pero ni uno ni otra estudia la ciencia como problema, razón por la cual de momento las retendré).

La cuarta y última de las relaciones agotables entre literatura y ciencia es aquella en que la ciencia se torna en objeto de fantasía (no de imaginación, a la que pronto habremos de llegar, sino de fantasía pura). En este encabezado podría incluirse toda ficción científica, desde Julio Verne y Wells hasta Fred Hoyle; las alegorías morales como, por ejemplo, *That Hideous Strength* (Esa Fuerza Espantosa), de C. S. Lewis y las fantasías tecnológicas de muchos tipos, desde *R.U.R.* de Capek hasta los Daleks, que tanto prevalecen actualmente en Inglaterra y que son bastante agradables. Es éste, también, el mundo de las populares películas e historietas dibujadas de horror. Las fantasías oscilan, al parecer, en algún sitio entre el horror y el humor, esos curiosos gemelos. Incluso en las pseudopesadillas de la tecnología, *Brave New World* (Bravo Mundo Nuevo) o la enormente inferior *1984*, se tiene una extraña sensación de colusión, como si gozáramos en hacernos estremecer ante nuestras propias invenciones, un goce semejante al que derivamos de chistes paralelos que se refieren al mismo tema. ¿Cabe quizá aquí recordar a Charles Chaplin en *Modern Times* (Tiempos Modernos) y a un eco de ese mismo chiste de pesadilla en *Invisible Man* (El Hombre Invisible), de Ralph Ellison?

Me parece que en nuestro centenar de años hubo dos grandes olas de chistes sobre la ciencia, que pudiéramos observar. La primera estuvo formada de chistes darwinianos, que habían empezado bastante crudamente con chanzas relativas a que el abuelo de alguien era un mono y así seguían y seguían.

Una bella dama de rancio abolengo
Fue amante de un mono, allá en otro tiempo.

Así dice la canción, y prosigue su relato:

Compróse corbatas, flamante levita,
en botas brillantes sus pies escondía
y en su nueva vida titulóse de plano
a sí mismo, como el "Hombre Darwiniano"
Pero de nada le sirvió. . .

Sigue la triste conclusión de que un hombre, no importa lo bien educado que esté, es, en el mejor de los casos sólo un mono bien afeitado. Todo esto es W. S. Gilbert, *Princes Ida* (La Princea Ida) y es el año 1884, bastante tiempo después de la publicación de *The Origin of Species* (El Origen de las Especies). El chiste todavía perdura, porque recuerdo que mi hermana regaló a mi padre, que era biólogo, una pequeña figura de porcelana que representaba a un mono sentado sobre un enorme volumen titulado *Darwin* y evidentemente sumido en graves meditaciones. La otra ola de chistes que recuerdo se refiere a los cerebros eléctricos. Un par de ejemplos: dos técnicos de bata blanca examinan una cinta que sale de una enorme computadora que hay detrás, y uno de ellos informa al otro: "Dice *Cogito ergo sum*"; y una tarjeta de cumpleaños que recientemente compré para un amigo científico, muestra en su parte exterior una computadora grandísima y el siguiente letrero: "Me complace poder enviarle una tarjeta de felicitación de cumpleaños impresa por computadora y recordarle que, gracias a las maravillas de la ciencia moderna, totalmente a prueba de errores, nada puede salir mal", mientras que, en su interior, la tarjeta tiene impresas las palabras "Feliz Navidad".

Sentimos un cierto desasosiego, ¿no es así? Y lo interesante es que si seguimos ocupándonos de estos dos temas de fantasía en que campean el chiste y el horror, desembocamos en la verdadera literatura y la verdadera imaginación, para cambiar las relaciones agotables e irreales entre la ciencia y la literatura por algo bastante diferente. El tema darwiniano nos lleva en medio del gran ciclo Rougon-Macquart de novelas de Zola, en las que la teoría científica —herencia y medio ambiente, a los que se añade la tecnología— se torna en el mito dinámico que rige obras como *L'Assommoir* (El Mazo), *Germinal* o *La Bête Humaine.* (La Bestia Humana). El otro tema desemboca en la admirable obra de John Wain de 1956, "Poem Feigned to Have Ben Written by an Electronic Brain", (Poema que se finge como escrito por un cerebro electrónico) en la que la computadora, que se ha vuelto loca o cae en continuos errores, informa a sus aterrados cuidadores humanos que la verdad no reside en ella, la máquina, sino en ellos, de alguna manera entrelazada en el seno de los pulsos y la tierra de que se forma el cuerpo humano. (En el poema "Naming of Parts", de Henry Reed, uno de los pocos poemas buenos que se produjeron en Inglaterra durante la Segunda Guerra Mundial, se dice más o menos lo mismo).

Tenemos aquí —primeramente en mito y en segundo lugar en la simple afirmación de la estructura humana de cuerpo y mente— dos

grandes métodos de la imaginación, quizá los únicos posibles para habérnoslas con cuestiones demasiado grandes para nuestra capacidad. Ambos han de incluir las enormidades a las que la ciencia y la tecnología nos han enfrentado a lo largo de nuestras vidas. Hay, me parece dos puntos terminales aquí que, por deber, tenemos que observar. El primero es Auschwitz. Se puede comprender por qué Rolf Hochhuth quería escribir su obra teatral *The Deputy* (El Vicario) en verso, y por qué, al tratar la terrible figura del doctor del campo de concentración, se esfuerza en acudir a los recursos del mito, recursos que llegan no sólo hasta Zola sino más allá, hasta *Penal Colony* (Colonia Penal), de Kafka, y también hasta Freud y Marx, dos grandes hombres del mito y los cuales nos sugieren que *Paradise Lost* (El Paraíso Perdido) (¿recordáis al "endiablado Enginrie"?) bien pudiera contarse entre las obras de referencia para este primer punto terminal de nuestra era tecnológica. El segundo punto terminal es Hiroshima, y en la literatura sobre este tema podemos muy bien ver ese otro método de la imaginación del que apenas acabamos de hablar, la afirmación de la simple humanidad, el ser humano como organismo sensible y consciente, por ejemplo, en *Hiroshima,* de John Hersey, y de nuevo en esa notable película *Hiroshima mon Amour* (Hiroshima mi Amor), que nos dice que el sufrimiento de cientos de miles no es por sí mismo más que el sufrimiento de un solo ser humano, que la angustia de una muchacha francesa en Nevers es tan absoluta como el holocausto de la ciudad japonesa (es decir, si es correcta mi interpretación).

A éstos, a ambos, teníamos que verlos, pero ahora podemos ya muy bien exorcizarlos y pasar a otra cosa que sea esencialmente humana y bendita, la función del intelecto imaginativo, que a la vez concibe y constituye la relación real, inagotable, entre la ciencia y la literatura que habrá ahora de incluir en el término "poesía", puesto que será de esta última de lo que principalmente nos ocuparemos en lo que sigue. Es bueno, por tanto, usar a guisa de exorcismo un poema de hace cien años, de manera que podamos trasladarnos nuevamente a nuestro principio (en realidad es algo más, 1857: estoy haciendo un poquitín de trampa), un poema en el que Longfellov insinúa de una manera tan sutilmente deliciosa lo que puede significar ser un científico:

Así que lejos, lejos, se fue a vagar
con Natura, vieja y querida niñera,
que noche y día para él habría de entonar
las canciones que el Universo diera

Y siempre que la senda pareciésele larga
Y su pecho comenzara a decaer
Entonaría una maravillosa canción alada
o portentosa historia relataría también.

Así es como siempre niño lo conserva
y no deja, por nada que se vaya a alejar
aunque a veces su corazón lata con fuerza
deseando, por el país de Vaud poder vagar...

Y sola la madre en su casa exclama:
¡Cómo anhelo ahora su voz escuchar!
Se está haciendo tarde; la luz ya se acaba,
y no regresa mi niño al hogar.

Qué bella e inquietante imagen escoge la poesía para un científico (el poema es para festejar el decimoquinto cumpleaños de Louis Agassiz). Aquí, en lo que sucede en la mente, se topan y unen los dos hilos de la ciencia y la poesía.

Tómense dos nudillos, o dos ganglios de los nervios, como ejemplos de cuán inseparables son los dos hilos en la realidad. El primero se centra alrededor de Sainte-Beuve, aquel hombre de letras que proclamaba a Bacon como su modelo para la crítica literaria añadiendo que ese, su oficio, se asemeja a la habilidad taxonómica del botánico Jussieu o a la anatomía comparada del gran Cuvier. En un pasaje especialmente interesante en *Premiers Lundis* (Primeros Lunes) de 1886, Sainte-Beuve escoge la, para él, significativa oportunidad que Cuvier tuvo al ser elegido como miembro de la Academia y, según exige la tradición, tener que pronunciar el panegírico del fallecido cuyo asiento heredaba, en este caso, el del poeta Lamartine. De esto Sainte-Beuve dice: "Siendo él mismo un hombre de genio que ha llegado a aquellas cimas de la ciencia en que a duras penas se distingue ésta de la poesía, el señor Cuvier tenía la talla para captar y celebrar al filósofo poeta que, dentro de lo indeterminable de sus meditaciones, hubiera, en más de una ocasión, descendido al caos e inquirido de los elementos su origen, su ley, su armonía... Duele admitir que quedó por debajo de la tarea que se le asignó." Otro nudo así se centra alrededor de Samuel Butler, novelista, satírico, escritor de teorías de la evolución en la década de 1870-80, que hizo campaña a favor de Lamarck y de Erasmo más bien que de Carlos Darwin, cuyas ideas toma George Bernard Shaw y las pone junto con las de Bergson.

¿Dentro de qué mundo estamos aquí? Ciertamente no en el mundo ordenado (e irreal) en el que principalmente vivimos y dentro del cual están separadas las disciplinas, sino en el mundo de lo que uno pudiera llamar la virtud de la ciencia y de la poesía, así como de las otras nobles disciplinas del saber, el Método central de la inteligencia humana que piensa y conjetura, sobre el cual han de trabajar y mejorar todos aquellos que tal puedan y que reciban el llamado para hacerlo. Tal ha sido, durante este centenar de años, el trabajo principalmente de científicos y poetas. (La obra teatral y la novela que antes mencioné como las que me parece que real-

mente tratan de esta virtud son *In Good King Charles's Golden Days* de Shaw, y *Das Glasperlenspiel,* de Hermann Hesse). Empero, a medida que tracemos la curva del siglo de esta virtud en pleno funcionamiento, habremos de notar algo interesante. En la década de 1860 fueron los poetas quienes se aplicaron a la tarea. Viene un punto de inflexión más o menos a la mitad; y ahora, me parece que son los científicos quienes han tomado el mando y quienes, en nuestros propios días, llevan adelante el Método y también, según creo, la esencial visión poética.

De los poetas en la década de 1860 tomamos, en primer lugar, a Walth Whitman y su "Pasaje a la India". Me siento confundida en cuanto a cómo incluir aquí ese poema maravilloso, aunque un tanto largo; las citas al azar no pueden lograrlo y, probablemente, todo lo que puedo hacer es pediros que lo extraigáis de vuestras propias memorias. Comienza con tecnología y geografía, la redondez del mundo que siente el poeta al estar de pie en la cima de las Américas y observar, por así decir, hacia el este la apertura de canal de Suez, hacia el oeste el avance del ferrocarril transcontinental, y ver en las comunicaciones humanas "la redondez de la Tierra por fin lograda". Ve luego hacia atrás la historia de este viaje alrededor del mundo y lo que ha significado: mitos y ciencia entretejidos, los grandes exploradores marítimos trayéndose no meramente la mercancía sino todas las leyendas del Oriente; y después nos hace volver hacia atrás las mentes, para que veamos nuestra historia biológica, Adán y Eva, y nos dice: "De los jardines de Asia descendiendo, luego su progenie numerosa tras de ellos", siendo toda la humanidad, como fueron los navegantes, "anhelantes, curiosos, con infatigables exploraciones". Y no para ahí con la redondez del mundo, pese al magnífico himno que el poeta canta por eso. Hay aquí, nos dice el desafío para buscar pasaje para el pensamiento original, para más que la India, tomando esta exploración la imagen de un lanzamiento hacia el espacio y (es lo mismo en ese sentido) de un lanzamiento hacia Dios:

> Oh tú trascendente, sin nombre,
> fibra y aliento,
> luz de la luz,
> universos esparciendo
> centro de ellos, tú...

Del poema como entidad total, Whitman afirmó: "Hay más de mí, de mí en lo que en última instancia es esencial en mí, en ese que en cualquiera de los poemas... su peso es la evolución —precisamente lo que escapa a los otros— el desenvolvimiento de los propósitos cósmicos".[1]

Puede ser que Hugo intentara algo no del todo diferente en *La Légende des Siècles* (La Leyenda de los Siglos), pero no es esa la voz

que aquí quiero sino su ensayo sobre Shakespeare, en el que examina la índole del genio como se plasma en la imaginación del artista y del científico por igual, la virtud de hecho que, como he insinuado, constituye la unidad esencial entre la ciencia y el arte. Tiene él cosas maravillosas que decir de la ciencia, singularizando no su claridad, su lógica, su control, como tantos de sus contemporáneos hicieron de manera exclusiva, sino su índole tentativa y de exploradora a tientas: *"Tout ce long tâtonnement, c'est la science. Cuvier se trompait hier, Lagrange avant-hier, Leinbnitz avant Lagrange, Gassendi avant Leibnitz... Oh l'admirable merveille que ce monceau fourmillant de rêves engendrant le réel!** Reconoce también la índole entrelazada del genio —"Dante combina y calcula, Newton sueña"— y su resorte y fuente en la imaginación humana. Cabe aquí que recordemos la gran labor para la instauración de la imaginación que se echaron a cuestas desde principios del siglo XIX los poetas, Blake, Coleridge, Wordsworth; ahora bien, Hugo recoge esa nota y profetiza su inyección en la ciencia y las matemáticas. En un pasaje extraordinario de este ensayo Hugo va tan lejos como para clamar (más allá de lo que lo hace Sainte-Beuve) que en las operaciones matemáticas, en el álgebra y la geometría y en el cálculo por igual, todos los cuales menciona y más, *"l'imagination est coefficient du calcul et les mathématiques deviennent poésie."***

Estamos ahora a sólo un paso de lo que llamé el punto de inflexión a medio camino de la curva o arco de estos cien años. Llega, según me parece, con Henri Poincaré, el matemático, y las tres obras en las que él examina las funciones de la mente matemática y científica, *La Science et l'Hypothèse* (La Ciencia y la Hipótesis), 1902, *Science et Méthode* (Ciencia y Método) 1905, y *La Valeur de la Science* (El Valor de la Ciencia), 1906. Lo que le interesa, lo que persigue y sobre lo que insiste es la función, en el pensamiento matemático, de aquello que no es lógico —imaginación o intuición que, afirma él, es el instrumento del invento o del descubrimiento, mientras que la lógica es el instrumento de la demostración (esto en el Capítulo I de la última de sus obras antes citadas). Se trata de algo que está destinado a ser tomado cada vez más en cuenta por los científicos— en especial, quizá, por los matemáticos y físicos desde entonces hasta nuestros días, expulsando lenta pero seguramente la anterior idea de la ciencia como una ocupación clara y del todo racional. No hace mucho tiempo que por mí misma formulé una lista de las metáforas o términos que los científicos han aplicado a su propio tipo de pensamiento, del pensamiento que no es tan sólo rutina sino también inventiva. Incluye saltos, puentes (¿sobre qué abismos no puede uno menos que pen-

* Todo este prolongado andar a tientas es la ciencia. Cuvier se equivocó ayer, Lagrange antier, Leibnitz antes que Lagrange, Gassendi antes que Leibnitz... ¡Oh la admirable maravilla que es este montón hormigueante de sueños que engendran lo real!

** La imaginación es el coeficiente del cálculo y las matemáticas se tornan en poesía.

sar?), conjeturas, adivinación, inspiración, aferrarse a una idea feliz, sonambulismo, sueños, música, redes móviles, metabolismos del cuerpo, la danza, y así sucesivamente. Si todo esto nos da la sensación de vértigo, podemos, sobre el principio entrelazado de Hugo, apoyarnos en un poeta que dice: "No podía soportar de 1892 en adelante, que al estado poético se le estableciera en oposición a la total y sostenida actividad del intelecto" (el poeta que tomó el *Ostinato rigore* de Leonardo como divisa: Paul Valéry de nuevo).

Me parece posible, si nos deslizamos hasta el extremo de nuestra gran curva del tiempo, casar las respectivas visiones de una ciencia y una poesía unidas que vimos en Whitman y en Hugo, con el trabajo de dos grandes científicos contemporáneos nuestros. Si tomamos la última visión primeramente, como parte de la indagación que avanza para precisar la índole del pensamiento y de la imaginación, en la ciencia como en la poesía, nos encontraremos en la compañía de Michael Polanyi, y estoy pensando sobre todo en su obra más reciente: las conferencias dictadas en la Universidad de Duke en 1964, bajo el rubro de *Man in Thought* (El Hombre en el Pensamiento), que van a publicarse. Al igual que sucede con un poema largo, no es posible resumirlas adecuadamente; pero, aparte, de la labor que él ha realizado sobre la función del conocimiento tácito, de la capacidad focal y subsidiaria del hecho de percatarse y de nuestra facultad de atender *desde* lo conocido tácitamente *hasta* aquello que está todavía por conocerse, es de interés especial para nuestro contexto aquí, su examen de la inherente imposibilidad de especificación de todo buen pensar (vale decir "fructífero", que equivale a afirmar "pensar verdadero"; es inagotable aquello que es real y efectivo) y, por ende de todos los grandes descubrimientos científicos y de la teoría que de ellos emana. Y si tomamos la otra línea desde donde empezamos, la visión estupenda de Whitman, ésta también puede casarse y prolongarse en nuestros días hacia delante: en la obra del Dr. Joseph Needham, los volúmenes, unos ya publicados y otros por salir a la luz, de *Science and Civilisation in China* (Ciencia y Civilización en China). El Dr. Needham es, por derecho propio, un metodólogo de la imaginación científica (es fácil percatarse de ello en los pasajes sobre las metáforas de la ciencia en Oriente y Occidente, lo mismo que en su exposición del "pensar correlativo"); pero es la visión global la que se capta aquí cuando, como en *Pasaje a la India,* su obra precursora nos lleva de nuevo en torno de la redondez del mundo y presenta ante nosotros la imaginación científica no sólo de China sino de la India, de Babilonia, de la gran civilización del Islam... de todas ellas.

Estoy convencida de que es a los grandes científicos de nuestros días a quienes debemos dirigirnos para que realicen la obra central: la metodología de la imaginación humana que he llamado la virtud tanto de la ciencia como de la literatura, la unidad esencial. Hace cien años ese trabajo lo realizaban principalmente los poetas. Ahora

lo tienen los científicos, y la razón para que así sea es que la ciencia es el ámbito en donde, hoy en día, ocurre el pensar. No ocurre en las artes menores (simplemente en ellas se practica) ni en las Bellas Artes (donde reina el academismo). Bien puede parecer extraño que yo, que pudiera decirse soy tanto de las artes menores y bellas artes, diga las cosas así, pero es que creo que solamente alguien totalmente embebido en las artes puede darse cuenta de nuestra total falta de familiaridad con el pensar como tal, una falta de familiaridad tan completa que dudo incluso de que reconociéramos el pensar, aunque lo viéramos. Es así como llegamos al final de nuestro arco de cien años y, por un momento o dos, al tema de la educación.

Bien puede haberos parecido que lo que he dicho aquí sobre la unidad de la ciencia y la literatura es, aun cuando quizá admisible en teoría, imposible en la práctica. En estos días no podemos, se nos afirma, dominar por completo una esfera del conocimiento, y muchos menos más de una. Se han ido ya los días en que los hombres podían tomar todo el saber como cosa de su incubencia, ¿no es así? O habremos de ir a decir tal cosa a quienes están en las artes y quienes, tal vez desconozcan la magnitud de la obra y la calidad y el alcance mental de hombres de ciencia como D'Arcy Thompson, el Dr. Needham o el profesor Evelyn Hutchinson. La razón por la cual creemos que es imposible, es porque nuestra educación así nos lo informa. Eso es todo. En este punto he llegado a la etapa de mi examen en la que es preciso que recurra a algún tipo de testimonio personal, porque me siento como imagino que San Pablo se habría sentido si se le hubiera pedido que disertara, digamos, sobre "La Psicología y el significado de la Conversión Religiosa Durante los Ultimos Cien Años." Se las habría arreglado bastante bien hasta cierto punto, y luego habría tenido que abandonar toda circunspección y decir: "Perdonadme, pero yo *sé* algo sobre esto, yo mismo, de primera mano". Lo mismo me pasa a mí, porque yo experimenté una conversión totalmente inesperada y espectacular a las matemáticas y a la ciencia cuando tenía ventisiete años, y tengo que decir algo sobre eso. Pero, antes de decirlo deseo traer a colación dos fragmentos de evidencia en apoyo de lo que he de exponer, o sea del punto de vista que nuestra educación hace cuanto puede por ocultar, de que cualquiera que sea capaz de pensar puede deambular libremente lo mismo por el ámbito de las ciencias que por el de las artes. El primero es R. G. Collingwood, quien en su autobiografía afirma lo siguiente, en relación con él, en el momento de haber terminado su bachillerato y de enderezar sus pasos hacia la universidad: "Estaba igualmente capacitado para especializarme en Griego y Latín que en historia y lenguas modernas (hablaba y leía el francés y el alemán casi con la misma facilidad que el inglés) o en ciencias naturales, y lo mejor para mi mente hubiera sido que ésta recibiera su alimento apropiado merced al estudio simultáneo de las tres materias". Está una a punto de decir amén cuando, se desanima al leer la siguiente afirmación: "era preciso

que me especializara en algo". La otra pieza de evidencia la obtengo de mi propia experiencia derivada de enseñar a estudiantes negros en el sur de los Estados Unidos, mismos que no cuentan con las ventajas de que gozamos nosotros en la educación y, por ende, no se les ha adoctrinado apropiadamente para que se les grabe la idea de que son matemáticos, escritores, economistas, biólogos o pintores. De primer intento puedo pensar en cuatro de mis estudiantes de años recientes, que poseen una extraordinaria variedad de talentos. No creo que sea ésta una peculiaridad de la raza negra, sino que, antes bien, considero que se trata de una de las extrañas ventajas que una mala educación confiere.

Lo anterior va entre paréntesis, en el espacio que queda entre el final del gran arco de cien años que nos ocupa y el arco pequeño de veinte años que representa mi propia experiencia y sobre el cual pasaremos con bastante rapidez, marcando nuestro avance con tres de mis poemas todavía sin publicar que encajan en la narración.

Fui, desde un principio, una niña con facilidad para la palabra, no para los números, y siempre quise escribir, de manera que ya para la edad de siete años estaba segura, como lo estaban todos en derredor mío, de que yo era estudiante del tipo de Artes y Humanidades. Tuve que soportar el aburrimiento impuesto por las matemáticas escolares así como las ciencias mínimas de la escuela, hasta recibir mi certificado, pasaporte para salir de la escuela, en el que apenas pasé a través de los requisitos de matemáticas para luego jurar jamás volverme a molestar por esa lúgubre materia. Cursé Lenguas Modernas en una universidad que ni siquiera requiere una calificación: basta con presentar el tema escogido por uno mismo y eso es todo. Después de tres años de ausencia durante la guerra, regresé para hacer trabajo graduado, siendo mi tema el de la poesía francesa de fines del siglo XIX. Habiendo descubierto que necesitaba pensar sobre la índole del lenguaje y de la poesía en general y de ya había un buen número de obras sobre el particular, en octubre de 1946 tomé la decisión, medio en broma, de hacerme la cuenta de que nadie antes hubiera pensado sobre lenguaje y poesía y así empezar a meditar yo misma sobre uno y otra. El resultado fue a la vez inesperado y aterrador. Descubrí que no sabía cómo pensar. Esto es una exageración, pero en realidad no tenía ni la menor idea de lo que es pensar ni de cómo empezar la tarea. ¡Y ya estaba en mi quinto año de educación universitaria formal!

Dentro del eclipse repentino y de la obscuridad que sobre mí se abatió, intenté a tientas descubrir mi camino hacia algún descubrimiento de lo que el pensar fuera. Mis ideas preliminares eran en el sentido de que al parecer, tenía algo que ver con observar lo que acontecía en la propia mente de uno y con las relaciones entre las cosas. Me percaté de que no se pueden asir las cosas mismas, sino las relaciones entre ellas, y de que los movimientos de la mente propia ofrecían posibilidades. De relaciones nada sabía. Tan ignorante era que pensé que sería buena idea ir a leer algo sobre la relatividad, por el simple hecho de que me sonaba como algo que pudiera ayudarme. No fue la respuesta correcta, pero tampoco demasiado equivocada. Un día, cuando pensaba sobre palabras y garabateaba notas en un papel frente a mí, me dí cuenta de que había escrito una nota en el sentido de que las palabras eran susceptibles de aprehenderse, quizá, como "variables complejas". Aquello me sonó como un término de altas matemáticas. Para entonces, estaba yo dispuesta a seguir cualesquiera pistas, así que me fui en bicicleta hasta el colegio, entre a una sección de la biblioteca que tenía el cartel de Matemáticas, a la que nunca me había aventurado, y miré en derredor mío, con una fuerte sensación de comicidad, preguntándome a mí misma por dónde había de empezar. Al nivel de mis ojos vi algo llamado *Principia Mathematica*, de Whitehead y Russel. Como aquello parecía prometedor, tomé el volumen I y empecé por el principio. Naturalmente, no pude comprender ni las tres quintas partes de lo que leía, pero el resto fue una revelación; había encontrado lo que andaba buscando. Aquí estaban las personas que sabían de relaciones en la mente, y me empujaron hacia los lógicos simbólicos y físicos. Durante un año, casi nada leí que no fueran matemáticas y física, con un deleite apasionado y muchas reconvenciones, de parte de quienes ejercían la autoridad.

El primer poema encaja aquí. Es más bien infantil, como conviene a mi situación, pero expresa la sensación de total asombro y gozo al descubrir que lo yo había supuesto que sería un mundo ajeno, si no es que hostil, para el poeta, era todo menos eso. Lo bauticé con el título de "De mis primeras lecturas sobre algunos físicos modernos". (La imagen, a propósito, la encontré en Sir James Jeans, que afirma que, en tamaño, el hombre queda más o menos a la mitad entre una nebulosa y un átomo).

Entre el átomo y la nebulosa
estoy aquí,
con una infinitud que rebosa
en cada mano, así.

Sosteniendo por bendito azar
el instrumento de oro
con el que leve he de bailar
en medio de la una y del otro.

A salvo de tener sentido,
¡divina tontería!
doble influencia he querido,
amigos del alma mía.

En paz con todo lo que es,
veo con gran tranquilidad
por doquier, átomos de brillantez
y nebulosas que brillan de verdad.

El segundo poema habla de una reacción muy diferente, pues no sería yo honrada si os dejara con la impresión de que este tipo de conversión nada trae sino felicidad. La segunda etapa es de terror, terror por el desplome de todo nuestro universo del intelecto, por la impotencia y la obscuridad, por la ausencia de familiaridad, hermosa, y sin embargo, al parecer, también amenazadora, de las formas del pensamiento en las matemáticas y en la ciencia. No es que el medio tenga algo de malo como disciplina: hay las disciplinas gemelas de la felicidad y del miedo, como lo atestigua Wordsworth. Doy solamente una estrofa de este poema. Había tres, pero no eran satisfactorias ni la primera ni la tercera y esta dice lo suficiente.

A través de sienes y ojos agujas de estrellas
atirantan la hebra.
Inútil de aquí en adelante para cualquier empresa
esta fragmentaria cabeza,
excepto para contemplar la complejidad creciente
con temor que crece.

Para el tercer poema pude haber tomado casi cualquiera de los que forman la parte V de *The Orphic Voice* (La Voz Órfica), que ellos y el libro llevan adelante este tema de los dos hilos de la ciencia y la poesía que son separados y, sin embargo, se aman entre sí tan profundamente que, en realidad, están casados el uno con el otro; pero, en lugar de eso, prefiero dar término a mi tramo de veinte años y a este examen, con un poema mucho más reciente, escrito hace apenas dos años sobre el mismo tema, porque prosigue y prosigue: "Es inagotable aquello que es real". Como sucede con el par anterior, se trata también de las estrellas, pero en esta ocasión se escuchan las dos voces en forma de diálogo, ciencia y poesía, hombre y mujer, ambas voces dentro de nosotros mismos y de toda mente pensante, según podéis colegir, porque ya en última instancia uno desea hablar simplemente por medio de las imágenes y el amor, y esa es la razón por la cual termino con este poema. No he intentado publicarlo antes. Parece como si hubieran estado esperando su propio momento y lugar, y ahora los encuentran aquí.

Diálogo

El. Habla primero de lo que veas,
un cambio hay que percibo
en los instrumentos
que estos cielos mortales otean.

Ella. Fenómeno parece
dentro del huésped celestial
y, aunque extraño, mejor lo veo
detrás de ojos cerrados.
Dorada... una nube cósmica va
sobre el espacio flotando,

Una espiral de estrellas
hasta un tope la ha arrastrado;
a través de ese velo difuso
brillantes puntos plateados
corren, cruzando desaforados.

El. Dos sistemas aquí que se entrelazan.

Ella. Antes bien nada más una rosa.

El. Globo vaporoso de suave brillo
flechado por chispas inquietas
lo que el telescopio confirma
sobre la bóveda azul de la noche,
diálisis de luz,
galaxia enlazada.

Ella. O bien una vida que pende
en el más absoluto peligro.

El. Interpreta eso que vimos.

Ella. No sabes lo que pides.
Siendo como somos, pobres cirios,
entre nubes de arcilla enhiestos
¿cómo esperar captar
el significado de una señal?

El. Amada mía,
aliento toma y empieza.

Ella. Estrellas pues —abejas de Hibla,
(de los enjambres, el más maravilloso),
que multiplican en el abismo
las formas incipientes de la mente,
influencia fiera en demasía, empero,
a menos que se cante en figuras.
Leve... Dulce Danae... un beso
de miel sobre la lengua.

NOTAS

[1] Horace Traubel, *With Walt Whitman in Camden* (1915) I, 156-157; citado en *Walt Whitman: Complete Poetry and Selected Prose and Letters*, por Emory Holloway, comp. (Londres, 1938), 1076-1077.

2

LAS REVOLUCIONES CIENTIFICA Y FILOSOFICA

Richard McKeon

Frecuentemente se usa la palabra "revolución" en las relaciones de acontecimientos recientes en el ámbito de la ciencia y de la filosofía. Generalmente las dos revoluciones están ligadas entre sí, y también con una revolución en las circunstancias y las condiciones —políticas, económicas, sociales y culturales— que sirven de base e influyen el pensamiento científico y filosófico y que son a su vez modificadas y formadas por el progreso científico y las ideologías filosóficas. Puesto que las revoluciones en ciencia, filosofía y sociedad se influyen entre sí reflexivamente, resulta difícil expresar sin ambigüedades las relaciones entre ciencia y filosofía. Una reflexión histórica en retrospectiva es un examen de hechos pasados, en cuanto al valor que tienen con respecto a la situación actual. Los hechos pasados, empero, son en el desarrollo de la ciencia y la filosofía, problemas que ya se encararon y teorías que ya se formularon y probaron: son las ideas las que seleccionan y establecen los hechos de la historia, y los hechos de la historia intelectual, como los de la historia política, social o económica, expresan más o menos explícitamente una filosofía de la historia. La relación entre ciencia y filosofía durante los últimos cien años se ha delineado de dos maneras harto diferentes: las revoluciones en la ciencia fueron el resultado del examen de nuevos datos y de la nueva formulación de conceptos básicos para su acomodo, mientras que las revoluciones en filosofía se derivaron de la necesidad de

volver a formular los problemas filosóficos, para dar acomodo a la ciencia y al sentido común, o bien, las revoluciones en la ciencia fueron cambios filosóficos en la interpretación de los fenómenos y en la formulación de leyes, para ordenarlos, mientras que las revoluciones en filosofía fueron refinamientos de problemas de la experiencia, comunes a la ciencia y a la filosofía, y la aplicación de los mismos o de semejantes métodos a la solución de problemas filosóficos. Las diferencias entre las dos relaciones no es simplemente una cuestión de "hechos", pues las cuestiones que se refieren a la relación entre la ciencia y la filosofía, y aun entre la historia de la ciencia y la de la filosofía, son en el fondo cuestiones filosóficas.

Las dos relaciones históricas difieren en los hechos que relatan así como en las filosofías que expresan. De acuerdo con uno de los modos de enfocarlas, las revoluciones en la ciencia comenzaron a tomar forma hace cien años, cuando el examen de los fenómenos de fluidos, gases, calor, luz, electricidad y magnetismo llevó a Clerk Maxwell y sus contemporáneos a formular leyes de dinámica que fueron más allá de las leyes de la mecánica newtoniana de partículas de masa, reforzadas por cambios fundamentales análogos en la biología, la psicología y las matemáticas, mientras que las revoluciones en filosofía comenzaron a tomar forma a principios del siglo xx, hará un poco más de cincuenta años, merced a las innovaciones del pragmatismo, el realismo, la filosofía lingüística, la fenomenología y el existencialismo. De acuerdo con el otro modo de considerarlas, las revoluciones tanto de la ciencia como de la filosofía comenzaron a tomar forma, hace cien años, en la aceptación y consideración de nuevos problemas, desplazándose ambas, hará unos cincuenta años, hacia nuevas maneras de formular teorías y explicaciones. En la primera relación, se tiende a narrar la historia de la revolución en la ciencia como una historia del progreso en el saber, en el descubrimiento de hechos y en el establecimiento de verdades, mientras que la tendencia al narrar la historia de la revolución en filosofía, es hacerlo como la historia del abandono de declaraciones faltas de sentido, de problemas irreales y de hipótesis carentes de justificación. En la segunda relación, se tiende a hablar de la historia de la revolución en la ciencia y la filosofía como de una historia de la transición entre una búsqueda de métodos para proceder de lo conocido a lo desconocido, estableciendo leyes y teorías fundamentales y comprensivas, y una búsqueda de explicaciones de hechos y de resoluciones de problemas concretos por medio del establecimiento de interpretaciones parecidas a leyes o apegadas a datos estadísticos.

La diferencia entre las dos relaciones no es de las que hayan de resolverse al precisar qué es lo que "en realidad" ocurrió, porque se trata de una diferencia en la interpretación filosófica de la relación entre "hecho" y "teoría": la primera es una relación de los logros de los científicos y de las declaraciones de los filósofos como "hechos", y la segunda es una relación de los "problemas" a los que se han enfrentado los científicos y los filósofos, de las semejanzas y las diferencias entre sus métodos, de las etapas de transición en sus modos de dejar planteados los problemas, y de sus métodos para resolverlos. La diferencia entre las dos relaciones refleja concepciones diferentes de la relación entre la filosofía y la ciencia, que van más allá de los principios de la ciencia moderna, hasta los problemas de la relación de la filosofía con respecto a la *scientia* y al *episteme* (e incluye el problema de la relación de "ciencia" a "scientia" y "episteme"): desde los albores de la filosofía, algunos han concebido su tarea como la aplicación de los métodos de la "ciencia" a los problemas filosóficos, y han enfocado la historia de la filosofía del primer modo como una relación de los esfuerzos desplegados en esa empresa; y desde los principios mismos, otros filósofos han entendido su actividad como el refinamiento de los métodos del saber y a la filosofía como la culminación de las "ciencias", y han tratado a la historia de la filosofía del segundo modo, como una narrativa de la extensión y la modificación de las hipótesis y los principios. La filosofía es o se convierte en una ciencia de acuerdo con la primera relación; la filosofía es distinta de la ciencia o bien la ciencia se convierte en entidad filosófica según la segunda relación.

La distinción entre los dos modos de historia intelectual, puesto que se basa en una distinción filosófica entre los hechos (incluyendo los hechos registrados que se refieren a la formación y formulación de las teorías) y las teorías (que se usan en la determinación de los hechos), es una distinción entre modos de filosofar así como entre modos de registrar la historia del filosofar. La historia de la filosofía puede verse como un registro de hechos, esto es, de posiciones adoptadas por los filósofos; y el filosofar puede entenderse como controversia y análisis de las oposiciones entre las posiciones. También puede verse la historia de la filosofía como un registro de problemas, esto es, de los temas que se discuten entre filósofos; y el filosofar, como la controversia y la discusión de las implicaciones y las consecuencias de las diferentes resoluciones de problemas comunes. Las declaraciones de hechos quedan sujetas a discusión y controversia, para precisar su significado y para establecer su veracidad o su falsedad; las declaraciones de problemas quedan sujetas a discusión y controversia, a fin de explorar el alcance de sus significados y la variedad de hechos a los cuales se aplican. Se encuentran y escudriñan las oposiciones en la discusión de *hechos* solamente si la declaración del hecho es o puede hacerse inequívoca en términos que no sean contradictorios de definición, inferencia y aplicación. Las oposiciones surgen y llevan a desarrollos divergentes en la discusión de *problemas* sólo si la declaración del problema contiene una ambigüedad productiva, esto es, una posibilidad clara de más de una resolución susceptible de defenderse, que sea la fuente de inconsistencias sugestivas, o sea un hipotético pensar en proposiciones no probadas antes de examinar su relación con otros principios ya supuestos.

Las posiciones que toman filósofos y científicos en un período cualquiera, pueden plantearse en un esquema de posiciones que se oponen mutuamente, o en un nexo de interrogantes ambiguas entrelazadas. Si el examen en retrospectiva de cien años de ciencia y de filosofía tiene como propósito lograr la penetración necesaria para los siguientes cien años, la historia de los problemas tratados tiene una ventaja sobre la historia de las posiciones que alguna vez se sostuvieron o que actualmente se consideran justificadas. En este último modo de la historia, la ciencia comienza con una cierta superioridad especiosa inicial sobre la filosofía (la historia de la ciencia parece ser acumulativa, la historia de la filosofía, no acumulativa); en el primer modo de la historia, puesto que se ve que muchas de las controversias de la filosofía e incluso de la ciencia son respuestas a preguntas diferentes, antes bien que simples oposiciones, puede muy bien la ambigüedad de los problemas comunes constituirse en base para la determinación de temas precisos, mientras que la ambigüedad de los términos en que se les expresa puede formar la base para el descubrimiento de los mismos temas en contextos diferentes y en terminologías diversas.

Una narrativa de los problemas y temas del siglo pasado puede muy bien empezarse en un punto cualquiera de la tupida serie de controversias que contribuyeron al avance en el conocimiento de hechos, y a la transformación de los métodos para formular preguntas y para establecer soluciones. En una visión retrospectiva de cien años, el año 1865 constituye un punto arbitrario neutral de arranque, y puesto que John Stuart Mill se hallaba envuelto en numerosas controversias en ese año, las posiciones a que se opuso en sus controversias son un punto de entrada a los problemas de la ciencia y la filosofía durante el siglo pasado. En 1965, Mill publicó dos libros, *An Examination of Sir William Hamilton's Philosophy and of the Principal Philosophical Questions Discussed in his Writings* (Un examen de la Filosofía de Sir William Hamilton y de las Principales Cuestiones Filosóficas que se examinan en sus Escritos) y *Anguste Comte and Positivism* (Augusto Comte y el Positivismo). Ambos son exámenes rara vez pormenorizados e imparciales de cuestiones filosóficas: el primero para establecer las bases con las cuales refutar el *apriorismo* que Hamilton dedujo de Kant y de la filosofía escocesa del sentido común, y el otro para la controversia con el positivismo. Cinco años antes, la controversia entre Mill y Whewell relativa a la inducción, que Mill había ventilado a través del texto y las notas de las ediciones sucesivas de su *System of Logic* (Sistema de Lógica), habían llegado a un punto álgido con la ampliación y nueva publicación que Whewell levó a cabo de su ensayo "De la Inducción, con Referencia Especial al Sistema de Lógica de J. Mill", en *On the Philosophy of Discovery* (Sobre la Filosofía del Descubrimiento). Mill expresa el patrón de dichas controversias en términos de método: "La filosofía de la ciencia consta de dos partes; los métodos de la investigación y los requisitos de demostración. Unos señalan las trayectorias que el intelecto humano recorre para llegar a las conclusiones, mientras que los otros nos dan el modo de poner a prueba su evidencia. Si los primeros fueran completos, constituirían un órgano de descubrimiento, mientras que los últimos lo serían de demostración".[1] Hamilton descuidaba la inducción; Comte no tomaba en cuenta la demostración o los métodos de poner a prueba las leyes de los fenómenos; Whewell confundía la inducción con el descubrimiento. El examen filosófico de estos aspectos durante los años posteriores a la época en que Mill los formuló, ha consistido en una exploración de las interrelaciones de métodos y estructuras que surgen de las ambigüedades entre descubrimiento y demostración, inducción y deducción, análisis y síntesis. El uso científico de los métodos explicados durante ese período por filósofos y científicos, ha sido una exploración de problemas encontrados y de hechos descubiertos.

Fue el estado de la ciencia en su época lo que determinó la selección de temas de Will. Él asienta que, al trabajar en su *Lógica* durante el año 1837, encontró su material de trabajo en la obra de Whewell *History of the Inductive Sciences* (Historia de las Ciencias Inductivas) que se había publicado en ese año, pero que la guía de sus meditaciones fue el *Discourse on the Study of Natural Philosophy* (Discurso sobre la Estudio de la Filosofía Natural) de Herschel.[2] Había ya terminado su estudio de la inducción cuando leyó los primeros dos volúmenes del *Cours de Philosophie Positive* (Curso de Filosofía Positiva) de Comte, que se había publicado en 1830, y advierte en Comte su expresión precisa y profunda del método de investigación, pero también su omisión de cualquier definición de las condiciones de demostración. También el *Discourse* (Discurso) de Herschel, había visto la luz en 1830, un año después de la publicación de "Declinación del Estado de la Ciencia en Inglaterra"; de Charles Babbage, y del establecimiento de la Asociación Británica para la Promoción de la Ciencia. Herschel analiza el crecimiento y la declinación de la ciencia después de Newton: "Los sucesores inmediatos de Newton se encontraron totalmente ocupados con sólo verificar sus descubrimientos y ampliar y mejorar los métodos matemáticos que habían de demostrar ser las llaves de un tesore inagotable de conocimientos". Sin embargo, los compatriotas de Newton dejaron la tarea del "descubrimiento físicomatemático" a investigadores alemanes y franceses, a Clairault, D'Alembert, Euler, Lagrange y Laplace El descubrimiento simultáneo por parte de Leibnitz de un método de investigación matemática, "en todo respecto semejante al de Newton", estimuló a los geómetras continentales para cultivarlo e imprimirle "un carácter más independiente por entero de la geometría tradicional a la que Newton, de manera harto peculiar, parecía estar ligado".[3]

La declaración por parte de Herschel de las tareas que se echaron a cuestas los sucesores de Newton, pone al descubierto algunos aspectos en el significado y el uso de los métodos del "descubrimiento físi-

comatemático". La obra de matemáticos y astrónomos continentales sobre los descubrimientos y métodos matemáticos de Newton se había levantado sobre las diferencias entre el método matemático de Descartes y el método mecánico de Newton, y había hecho del "descubrimiento físicomatemático" algo más bien matemático que físico.[4] Newton había ido en pos de una "mecánica universal", puesto que la geometría y todas las demás ciencias se basan en el acontecer mecánico. Descartes había buscado una "tesis matemática universal", puesto que la mecánica y todas las demás ciencias se apegan al orden de demostración matemática. Ambos métodos físicomatemáticos se aplicaron a la tarea de explicar el total de la naturaleza física en términos de la materia en movimiento. Los métodos fueron los mismos o quedaban supeditados al traslado o a la transformación de uno en otro y, sin embargo, aun tratándose de métodos idénticos, como insinúa Herschel en el caso del cálculo, se orientaban a problemas diferentes y trataban de hechos diferentes. Los aspectos del problema y los del hecho quedaban sujetos a controversia en la indagación científica, mientras que la resolución paso a paso de los problemas hacía aflorar problemas nuevos al tiempo que topaba con nuevas paradojas. Las diferencias en los métodos científicos formaron la base de la oposición filosófica entre lo que ha dado en llamarse "racionalismo" y "empirismo", mientras que el desarrollo de dichas posiciones opuestas ha sido en realidad, una historia de doctrinas propuestas antes bien que de problemas investigados en la indagación. La diferencia entre la historia de la ciencia y la historia de la filosofía, según tienden a ser presentadas, se debe menos a una diferencia entre la ciencia y la filosofía en la realidad de los hechos, que a una tendencia a subordinar las oposiciones de doctrina al examen de los problemas, en la primera, y a subordinar la formulación de problemas a las doctrinas y sus oposiciones, en la otra. Las matemáticas universales cartesianas no fueron "racionales" ni la mecánica newtoniana, "empírica"; se trataba, en ambos casos, de métodos físicomatemáticos aptos para explicar problemas particulares y para establecer leyes universales, y diferían sólo por lo que hace a las entidades físicomatemáticas y a los todos físicomatemáticos pertinentes a tales tareas.

El método mecánico se usó para dejar enunciadas las leyes del movimiento y su aplicación a todos los fenómenos. En 1883, Ernst Mach no observó que hubiera disminución alguna en los dos méritos de Newton: "Los méritos de Newton eran dos con respecto a nuestro tema. En primer lugar, amplió enormemente el ámbito de la física mecánica, merced a su descubrimiento de *la gravitación universal*. En segundo lugar, *consumó la enunciación formal de los principios mecánicos que en la actualidad se aceptan generalmente*. No se ha enunciado principio alguno esencialmente nuevo desde su época".[5] La obra de Lagrange y de Laplace contribuyó a que se formara esta opinión de la mecánica newtoniana. Lagrange amplió y mejoró los métodos matemáticos en su *Mécanique Analytique* (Mécanica Analítica) (1788) y su *Theorie des Fonctions Analytiques* (Teoría de las Funciones Analíticas) (1799), mientras que Laplace verificaba y sistematizaba sus aplicaciones en su *Exposition du Système du Monde* (Exposición del Sistema del Mundo) (1796) y en los cinco volúmenes de su *Mécanique Celeste* (Mecánica Celeste) (1799-1825) la cual estaba tan íntimamente ligada a la física newtoniana que llegó a conocerse como la segunda edición de *Principia*. Durante unos treinta años, bastó la obra de Laplace para disipar toda duda relativa a la suficiencia de la doctrina de la gravitación universal para explicar todos los fenómenos cósmicos. Entretanto, se hacía extensivo el método mecánico a los fenómenos del calor, la luz y el electromagnetismo. A las masas ponderables se añadieron los fluidos imponderables y los corpúsculos inertes, pero los fenómenos de la electricidad y del magnetimso obligaron a la elaboración, a partir de la noción de campo de Faraday, del concepto de campos continuos, que no son explicables mecánicamente, concepto éste que substituye al de las masas continuamente difusas. Clerk Marwell recurre a lo que él llama explicación dinámica, esto es, a la descripción de un fenómeno físico como una transformación en la configuración de un sistema material, en su obra *Electricity and Magnetism* (Electricidad y Magnetismo), en el año 1873. Todavía presente en su formulación se hallaba la cuestión de la mecánica universal y de las matemáticas igualmente universales: Maxwell comenta su concepción del método dinámico, en contraste con el método de Lagrange consistente en reducir las ecuaciones ordinarias del movimiento de las partes de un sistema conectado a un número igual al de los grados de libertad del sistema. El propósito de Lagrange, dice él, es colocar a la dinámica bajo el poder del cálculo; su propósito es cultivar nuestras ideas dinámicas, por lo que se echa a cuestas volver a traducir los resultados de los trabajos de los matemáticos, pasando del lenguaje del cálculo al lenguaje de la dinámica.[6] El énfasis se desplaza del punto material al campo continuo, del punto de la masa a la energía. Según Maxwell, un examen completo de energía incluiría el total de las ciencias físicas, mientras que es el principio de conservación de la energía lo que norma la indagación de todos los fenómenos, pero es un hecho que las paradojas relativas a los puntos de masa y al éter como medio de los fenómenos de la luz y del electromagnetismo habrían de servir de inspiración a una revolución importante, lo mismo en el método mecánico que en el dinámico.

Se usó el método matemático para que nos condujera al descubrimiento de los principios y a la demostración de las conclusiones. *Mathesis Universalis* incluye todas las ciencias, puesto que trata del orden y la medida, sin referencia alguna a una materia en particular.[7] Descartes argüía que no se necesitan otros principios que no sean los que rijan en la geometría o en las matemáticos abstractas, "porque todos los fenómenos de la naturaleza pueden explicarse por su intermedio, y porque pueden darse demostraciones seguras cuando se

trata de ellos".[8] Descartes buscó una ciencia de demostraciones necesarias y un método verdadero para descubrir metódicamente todas las verdades. Estableció la distinción entre el orden (*ordo*) y la forma de la demostración (*ratio demostrandi*) dentro del modo geométrico de escribir. Orden es la secuencia que existe entre lo que se propone y conoce primeramente y lo que sigue y se demuestra a partir de ello. Hay dos maneras de proceder a la demostración: el análisis es la verdadera forma de descubrir metódicamente las cosas y *a priori* (esto es, haciendo ver cómo dependen los efectos de las causas); síntesis es la manera opuesta de demostrar claramente aquello que se concluye *a posteriori* (o sea, examinando las causas por medio de sus efectos), y usa una larga serie de definiciones, postulados, axiomas, teoremas y problemas.[9] Los tres tratados que sirven de apéndice al *Discours de la Methode pour bien Conduire sa Raison et Chercher la Verité dans les Sciences* (Discurso del Método para Conducir bien su Razón y Buscar la Verdad en las Ciencias) —la Dióptrica, los Meteoros y la Geometría— ilustran la manera de usar el método analítico. Los principios de la física son matemáticos y para nada usan los puntos materiales newtonianos ni el espacio, el tiempo o el movimiento absolutos; se les criticó desde el punto de vista de la mecánica universal, por cometer el error de confundir el espacio con la materia. El análisis es un método para descubrir y demostrar; cartesianos posteriores hubo que, en ocasiones, usaron el método sintético de la geometría euclidiana como método de descubrimiento y prueba. Leibnitz argüía que Descartes no había reducido la síntesis de los geómetras al análisis, puesto que su análisis lo era de números, no de líneas, y logró reducir la geometría sóo indirectamente, puesto que las magnitudes pueden expresarse por medio de números.[10]

Los principios matemáticos y los físicos son idénticos en cuanto a métodos fisicomatemáticos. Tal identidad se basa en las hipótesis sobre la índole del movimiento y de los objetos móviles en la mecánica universal y sobre la naturaleza del orden y de los casos de orden en las matemáticas universales. Galileo fundamentó la identidad de los principios matemáticos y físicos sobre la existencia real de los indivisibles y los infinitesimales, Newton sobre los puntos masa y la fuerza centrípeta, Vico sobre el hecho de que tanto las demostraciones matemáticas como las verdades en física se construyen. Descartes la basó en el orden y la medida, Leibnitz en la racionalidad de lo real. La universalidad de la mecánica universal consistía en su aplicación a todo tipo de movimiento en el sistema del mundo; pero, durante el siglo XIX, al prolongarse la mecánica en el campo de la óptica y en el de la electrodinámica, se desembocó en la sustitución de campos por fuerzas como variables fundamentales. La universalidad de las matemáticas universales consistía en proporcionar un método para todos los problemas; pero, durante el siglo XIX, las diferencias de método en las matemáticas desembocaron en la sustitución, de variedades de principios usados sintéticamente, por los principios universales aplicados analíticamente para el descubrimiento de todas las verdades. Los métodos de máximos y mínimos, de la geometría analítica, de la topología, del análisis infinitesimal, del análisis de combinaciones, que eran universales en su alcance, se diversificaron en las geometrías no euclidianas, en la geometría proyectiva, en la axiomática, en las geometrías no de Arquímedes, en los conjuntos y en los fundamentos de la aritmética. Los dos métodos se influyeron entre sí a medida que pasaban por revoluciones recíprocas, yendo de lo indivisible a los campos y de lo continuo a los conjuntos, de manera que su influencia mancomunada se manifestó en las dos revoluciones de principios del siglo XX en las que la física de la relatividad transformó los conceptos de espacio y tiempo en ecuaciones generales de campo, mientras que la mecánica cuántica transformó las ideas de movimiento y posición en leyes de la probabilidad.

La evolución de la filosofía durante el mismo período puede expresarse en términos de los mismos temas y problemas. Los temas derivados de las controversias de Mill de hace cien años, aislan los problemas y los métodos de la ciencia. Puesto que se plantearon en forma de controversia, tienden a determinar las oposiciones y las refutaciones de los filósofos y a apoyar la impresión de que la ciencia difiere de la filosofía, pero pueden también usarse para aislar problemas y métodos de la filosofía. De la matriz resultante de principios y métodos brotan distinciones y analogías que tienen continuidad con respecto a las que se emplean en la investigación científica y da pie a interpretaciones de las revoluciones filosóficas de principios del siglo XX, en términos de la aparición de los problemas y de la interpretación de aquello que se afirma, más bien que de la enunciación de las posiciones que se sostienen y de la refutación de las opuestas.

La estructura que Mill dio a sus controversias está determinada por su concepción de las partes de la lógica y por la relación que la lógica tiene con el método científico. La distinción de las dos determinantes y de sus dos subdivisiones se expresa en el título que dio a su lógica: *A System of Logic, Ratiocinative and Inductive: Being a Connected View of the Principles of Evidence and the Methods of Scientific Investigation.* (Sistema de Lógica, Argumentativa e Inductiva: A manera de Visión Ligada de los Principios de la Evidencia y de los Métodos de la Investigación Científica). Las dos partes de lógica reflejan los dos procesos de la ciencia: prueba y descubrimiento, evidencia para las conclusiones e investigación de los problemas. Siguiendo la tradición de Newton y del método mecánico, las dos partes de ciencia van inseparablemente ligadas: las leyes son los estados constructivos que se descubren y demuestran. La controversia de Mill con Whewell se apegaba a esta tradición. La inducción establece una liga entre dos acaecimientos, por lo que el error de Whewell, según Mill, era buscar la causa de la liga en las ideas y confundir la inducción con la invención. Separar las dos partes de la ciencia es caer en uno de los dos errores opuestos de concentrarse en la deduc-

ción o en la investigación de los fenómenos, que lleva a bifurcaciones, según la tradición cartesiana, cuando una sucesión de síntesis toma el lugar del análisis matemático. Hamilton definió la lógica como "la ciencia de las leyes del pensamiento" y la redujo a mera deducción, apartando al silogismo de una teoría de la inducción. Negó la posibilidad de una filosofía de la evidencia y de la investigación de la naturaleza.[11] Comte, por otro lado, era incomparable en su tratamiento de los métodos de investigación de los fenómenos, pero no daba criterio alguno de demostración ni veía utilidad en la lógica deductiva.

La matriz que define las oposiciones semánticas de significados y doctrinas puede muy bien usarse para diferenciar las formas y los métodos de inquirir en la filosofía y en la ciencia así como para plantear los problemas que se trataron a fines del siglo XIX dentro de una indagación ininterrumpida relativa al método y la ciencia. Fue un período en el que las teorías relativas a la índole de la ciencia y de la ley científica, aparte de las organizaciones y clasificaciones de las ciencias, eran partes inseparables de la investigación de los métodos de las ciencias y de la elaboración de los métodos de las lógicas. Los temas que presentaban las diversas concepciones de la ciencia y las diferentes ciencias constituían la fuente y el tema de los distintos métodos que se construían, modificaban y ampliaban. La interrogante común que subrayaba las cuestiones tratadas desde la perspectiva de hipótesis filosóficas diferentes era: ¿Cuál es la estructura de la ciencia, en qué se basa y por qué método se determina? La consideración de las posiciones adoptadas nos da una historia de la investigación filosófica, definida con rigidez semántica; la consideración de los problemas tratados desemboca en una historia de la indagación filosófica que va en pos de hipótesis formadas a fin de definir cuestiones que son a la vez comunes y ambiguas. La base que en común tenían Mill y Whewell era su acuerdo en el sentido de que la estructura de la ciencia había de hallarse en elementos constructivos ya probados que se basan en hechos e ideas, mientras que al diferir sobre si los hechos o las ideas son fundamentales o no, se apartan para formar conceptos diferentes de hechos e ideas, así como teorías diferentes de la inducción y la deducción, del descubrimiento y la demostración. La base común de Hamilton y Comte era el hecho de que estaban de acuerdo en que la estructura de la ciencia se encontraba en el buen orden, la regularidad, de los procesos del pensar o de naturaleza, mientras que sus diferencias relativas a la aceptación de si las formas del pensamiento o las formas del acontecer eran fundamentales o no; les llevaron a formar conceptos distintos de síntesis, *a priori* y positivistas, y teorías diferentes de la relación de la lógica pura con respecto a la concreta o modificada y de los métodos y síntesis subjetivos con respecto a los objetivos.

Mill reduce toda prueba y descubrimiento a la inducción y a la interpretación de las inducciones. "Hemos descubierto que toda inferencia y consecuentemente toda demostración y todo descubrimiento de verdades que no sean inmediatamente evidentes, consiste en inducciones y en la interpretación de las inducciones: que todos nuestros conocimientos, que no sean intuitivos, nos llegan exclusivamente de esa fuente".[12] Se hace hincapié en la lógica de la inducción por cuanto que Mill ideó el Sistema de Lógica para darnos, por oposición a la actitud apriorística del saber humano, una doctrina "que extrae todo conocimiento de la experiencia y todas las cualidades morales e intelectuales principalmente de los mandatos de que son depositarias las asociaciones".[13] Hay ciencias deductivas y del raciocinio, así como las hay experimentales, pero los principios primordiales de todas las ciencias, incluyendo la geometría, son resultados de la inducción.[14] Toda rama de la filosofía natural fue originariamente experimental y, aunque la "mecánica, la hidrostática, la óptica, la acústica y la termología se tornaron sucesivamente matemáticas, y Newton introdujo a la astronomía al seno de las leyes de la mecánica general... cada paso de la deducción es, aun así, una inducción. La oposición no existe entre los términos deductivo e inductivo, sino entre deductivo y experimental".[15] Mill define la inducción como "la generalización a partir de la experiencia", o bien como "el acto de descubrir y demostrar proposiciones generales".[16] El método deductivo consiste en tres operaciones: inducción directa, acto de raciocinio y verificación.[17] Hay solamente dos maneras de averiguar las leyes de la naturaleza: deductiva y experimental.[18]

Mill recurre a las ciencias para la explicación y el análisis de estos métodos. La mecánica es una ciencia deductiva o demostrativa, y la química no lo es por cuanto que la misma ley es aplicable en mecánica a la formación de la causa, al efecto de cada causa actuando por separado y al efecto de los dos juntos mientras que en química no es así, pues el sabor que tiene el azúcar de plomo (acetato) no es en modo alguno la suma de los sabores de los elementos que lo componen. Esto es incluso más cierto de los cuerpos organizados que de las combinaciones químicas.[19] La química hace uso del método experimental, y los cuatro métodos experimentales, a los que regulan los cinco cánones de la indagación experimental, son métodos de la investigación *química*. Son instrumentos para descubrir y demostrar leyes, secuencias y efectos. "Precisar, por lo tanto, cuáles son las leyes de la causalidad que existen en la naturaleza y determinar el efecto de toda causa, y las causas de todos los efectos, es el propósito principal de la inducción; y señalar cómo se hace tal cosa es el objeto principal de la lógica inductiva".[20] El método deductivo se divide entre lo *geométrico* o abstracto y lo *físico* o concreto. No es propio usar en ciencias sociales el modo experimental o químico de investigación ni el abstracto o geométrico, pues son los métodos deductivo, concreto o físico, e inverso, deductivo o histórico, los apropiados para investigar los fenómenos sociales.[21]

Whewell hablaba, asimismo, de la inducción como el proceso básico

en la ciencia y en el método, y su distinción entre hechos e ideas tiene una congruencia ambigua con la distinción que Mill establece entre el descubrimiento y la interpretación de las leyes de los fenómenos. En sus interpretaciones divergentes de las cuestiones comunes ambiguas que trataron, Mill intenta examinar la inducción como demostración, Whewell como descubrimiento. *La Historia de las Ciencias Inductivas* y *La Filosofía de las Ciencias Inductivas* dice Whewell, tuvieron por objeto mostrar los pasos de la evolución de las ciencias y los principios filosóficos que se hallan involucrados en esos pasos.[22] *La Filosofía de las Ciencias Inductivas* tiene dos partes: *The History of Scientific Ideas* y el *Novum Organon Renovatum.* Las dos historias difieren en que la primera presenta la historia de las ciencias en tanto que depende de los hechos observados, mientras que la última maneja las ideas por cuya virtud tales hechos se ligan para formar teorías.[23] Puesto que cada etapa de la historia era un *descubrimiento* científico en el cual se aplicaba una nueva concepción con el fin de unir los hechos observados, Whewell amplió algunos de los capítulos de *La Filosofía de las Ciencias Inductivas* y añadió algunas opiniones suyas bajo el título de *Filosofía del Descubrimiento,* ya que era la novedad de cada etapa, no el hecho de que la conjunción de observaciones fuera en cada caso una inducción lógica, lo que señalaba el avance de la ciencia, y la filosofía que buscaba era, por tanto, no la filosofía de la inducción sino la del descubrimiento.[24] El método que nos presenta en el *Novum Organon Renovatum* hace uso de la misma distinción: dos son los procesos principales por los cuales se edifica la ciencia, la explicación de los conceptos y la coligación de los hechos.[25] En un sentido estricto no es posible un arte del descubrimiento, pero el proceso de descubrir puede resolverse en sus partes y para cada una de ellas pueden darse reglas y métodos.[26] El proceso por medio del cual se construye la ciencia tiene tres partes: la descomposición y observación de hechos complejos, la explicación de nuestras concepciones ideales y la coligación de hechos elementales por medio de tales concepciones. No pueden darse métodos para la explicación de las concepciones, aunque algo puede hacerse merced a la educación y el examen de las ideas; los métodos de la observación exacta y sistemática son en gran medida procesos de medición, que dependen de las ideas de número, espacio y tiempo; los métodos de inducción son métodos para el descubrimiento de leyes de fenómenos y causas, y el proceso mismo de la inducción puede muy bien resolverse en tres pasos: la selección de la idea, la formación de la concepción y la determinación de las magnitudes.[27]

La clasificación de las ciencias no depende "de las facultades de la mente a las que las diferentes partes de nuestro saber deben su origen ni de los objetos que cada ciencia estudia, sino de un elemento a la vez más natural y fundamental, a saber, las ideas involucradas en cada ciencia".[28] La clasificación resultante es una jerarquía en la que las ideas previas pueden continuar usándose en las ciencias posteriores: ciencias matemáticas puras (geometría, aritmética, álgebra, cálculo diferencial; ideas de espacio, tiempo, número, signo límite), ciencias puras del movimiento (mecanismo puro, astronomía formal: idea de movimiento), ciencias mecánicas (estática, dinámica, hidrostática hidrodinámica, astronomía física: ideas de causa, fuerza, materia, inercia, presión de fluidos), física: ciencias mecánicas secundarias (acústica, óptica formal, óptica física, termótica, atomología); ideas de vaciedad, (medio de sensación, intensidad de calidades, escalas de calidades), física: ciencias analíticomecánicas (electricidad, magnetismo, galvanismo: idea de polaridad), ciencia analítica (química: ideas de elemento y composición, de afinidad química, de sustancia y átomos), ciencias analíticas de clasificación (cristalografía, mineralogía sistemática: ideas de simetría, de semejanza), ciencias de clasificación (botánica sistemática, zoología sistemática, anatomía comparada: ideas de grados de semejanza, afinidad natural y fuerzas vitales), ciencias orgánicas (biología: ideas de asimilación, irritabilidad, organización), metafísica (psicología: ideas de causa final, instinto, emoción, pensamiento), ciencias paleotiológicas (geología, distribución de plantas y animales, glosología o filología comparada, etnografía, teología natural: ideas de la causalidad histórica, causas finales).

A la inducción de las leyes de los fenómenos la rige la inducción de las causas de los fenómenos, la que a su vez depende de las ideas fundamentales de substancia, fuerza, polaridad y causas ulteriores.[29]

Tanto para Mill como para Whewell, los problemas de la estructura de la ciencia eran problemas de método, puesto que la estructura de la ciencia quedaba determinada en la construcción de la ciencia. El método fundamental para construir la ciencia lo constituye la inducción o bien el descubrimiento, pero no resultan equivalentes "inducción" y "descubrimiento" cuando las "causas" se diferencian en tipos dependientes de ideas distintas, que enlazan hechos, que cuando se consideran mancomunadamente como antecedentes de fenómenos. En el sentido que se da a la inducción y a la deducción en la versión de Mill de la construcción de la ciencia, Hamilton había omitido la inducción y Comte había pasado por alto la deducción. Sin embargo, ambos tenían teorías de la "inducción" y de la "deducción". Las historias de la filosofía que son narrativas de controversias, exploran los elementos semánticos de una teoría en función de la interpretación y la refutación de las teorías opuestas, pero las controversias mismas suministran también los materiales para una relación de la indagación que se refiere al método y de los problemas enfocados en las hipótesis alternativas basadas en diferentes significados definidos que se dan a cuestiones ambiguas comunes. Hamilton descubre la estructura de la ciencia en las regularidades que se encuentran al aplicar las leyes del pensamiento; Comte la descubre en las regularidades que se encuentran en las jerarquías de los fenómenos; tanto uno como otro hallaron un solo método en las ciencias y ambos

distinguieron entre ciencias generales o abstractas y ciencias aplicadas o concretas.

Hamilton arguye que la lógica no es órgano o instrumento como tampoco arte, del descubrimiento, sino que es la ciencia de las formas necesarias del pensamiento. Divide la lógica en lógica general (que trata de las leyes formales del pensamiento, sin referencia alguna a una cuestión cualquiera en particular) y lógica especial (que utiliza dichas leyes en relación con una cierta cuestión y en un plano de subordinación con respecto al fin que persigue alguna ciencia determinada).[30] La lógica general, a su vez, se divide en lógica pura o abstracta (que considera las leyes del pensamiento propiamente dicho según se hallan implícitas *a priori* en la naturaleza de la inteligencia pura en sí) y la lógica concreta o modificada (que exhibe dichas leyes según las modifican en sus aplicaciones reales ciertas circunstancias generales, externas o internas, en sí contingentes, pero por cuya existencia el pensamiento humano se ve siempre más o menos influido en sus manifestaciones).[31] La lógica modificada no es, propiamente hablando, una parte esencial de la lógica, sino una mezcla de ésta y de la psicología.

Hamilton sigue a Kant al dividir la lógica (lo mismo la pura que la modificada) en una doctrina de elementos o Estoiqueología y en un estudio de los métodos de la Metodología. En la lógica pura, los elementos son las leyes fundamentales del pensamiento (que son cuatro: los principios de identidad, contradicción, medio excluido y razón y consiguiente) y los productos del pensamiento (que son conceptos, juicios y razonamientos, o sea, las tres partes tradicionales de la lógica formal: términos, proposiciones y silogismos). En lógica pura, la metodología se refiere al método en general (dos procesos: el análisis, que se inicia en lo particular o determinado y procede a lo universal y a los principios, y la síntesis, que comienza con los principios o lo universal y procede hacia lo determinado o lo particular) y el método especial o lógico (cuyo objeto de preocupación es la forma en cuanto que es distinta de la materia del pensamiento, como se trata en la definición, la división y la prueba). Hay tres partes de la lógica concreta o modificada: dos se ocupan de los elementos —la doctrina de la verdad y el error y el tratamiento pormenorizado de la verdad y el error; y la otra de la metodología— y la otra es la adquisición y el perfeccionamiento del saber, que tiene tres partes: experiencia, especulación y transmisión de los conocimientos. La inducción es de dos tipos: lógica o formal y real o material. La inducción, como la deducción, puede formularse en silogismos; los cánones de los silogismos deductivos e inductivos son diferentes, pero igualmente formales: la norma del silogismo deductivo depende de la relación que existe entre el todo que contiene y las partes contenidas, mientras que la del silogismo inductivo depende de la relación entre las partes constituyentes y el todo constituido.[32] La verdadera inducción es parte de la metodología modificada de la experiencia y la observación, y descansa en la constancia o uniformidad de la naturaleza, así como en la expectativa que instintivamente tenemos de dicha estabilidad.[33]

Las verdades se distinguen en empíricas o *a posteriori* (que tienen su origen en la percepción externa o interna, mientras que su forma emana de la comprensión o facultad de las relaciones, *dianoia*) y puras o *a priori* (que son los actos cognoscitivos necesarios y universales de la facultad reguladora: el intelecto propiamente hablando o el sentido común, el *nous*).[34] El *apriorismo* de Kant se liga al sentido común escocés en la lógica aplicada o en la doctrina de la verdad. "La doctrina que ha dado en llamarse *La Filosofía del Sentido Común* es aquella que fundamenta todo nuestro saber en la fe".[35] Así lo acepta Aristóteles cuando afirma: "Lo que a todos los hombres parece, eso afirmamos que es, y quien rechace esta creencia *(pistis)* con seguridad que nada alcanzará que merezca crédito". De la distinción entre verdad formal y verdad real se sigue la clasificación de las ciencias. El saber formal incluye la ciencia de la lógica y la ciencia de las matemáticas. Las ciencias reales son ciencias de los hechos y son de dos clases: ciencias mentales (que descansan sobre los hechos de la autoconciencia o los hechos de la mente) y ciencias materiales (que descansan en las manifestaciones de la percepción sensible o en los hechos de naturaleza). Las verdades reales del saber verdadero incluyen verdades metafísicas, psicológicas, físicas y éticas o morales.[36]

Para estructurar la ciencia, Comte acude a los fenómenos antes bien que al pensamiento, pero puesto que el pensamiento, la emoción y la acción son también fenómenos, en el ámbito de la educación, de la moralidad y de religión, para mejoramiento del hombre, se hace uso de un método subjetivo que se basa en la jerarquía de las ciencias establecida por el método objetivo. La ley fundamental de la evolución de la inteligencia humana establece las etapas en las que se eliminan las intrusiones extrínsecas del pensamiento de la formulación de la ley natural. Todas nuestras concepciones principales y todas las ramas de nuestras ciencias pasan sucesivamente a través de tres etapas teóricas diferentes: la teológica o fictiva, la metafísica o abstracta y la científica o positiva.[37] El espíritu humano se percata de la imposibilidad de obtener nociones absolutas sólo cuando llega a la última etapa y únicamente entonces abandona la indagación del origen y el destino del universo así como de las causas de los fenómenos. El método positivista es el método de combinar la observación y el razonamiento, para descubrir las leyes efectivas de los fenómenos, esto es, sus relaciones invariables de sucesión y simultaneidad.[38] Todos los fenómenos obedecen a leyes naturales invariables; el método positivista se forma para ir en pos del descubrimiento preciso de aquellas leyes y para su reducción al menor número posible de ellas.[39] Pueden descubrirse las leyes lógicas del espíritu humano tan sólo al examinar la actividad de nuestras facultades intelectuales;[40] el método de las ciencias puede examinarse en las mismas.

Todas las ciencias, lo mismo las físicas que las sociales, son ramas

de una ciencia y se investigan con apego a un único y mismo método. Comte, como Hamilton, distingue dos procesos en el método, el del análisis y el de la síntesis. El análisis objetivo produce una clasificación de las ciencias que se sustenta sobre la base de los fenómenos, incluyendo los de la actividad humana; la síntesis subjetiva produce un plan de educación y acción que se basa en el análisis objetivo para el mejoramiento y uso de las ciencias, incluyendo las de la sociología y las costumbres. En el *Curso de Filosofía Positivista* (1830-1842), se distinguen seis ciencias fundamentales acordes a categorías naturales, dispuestas según un orden en el que el estudio racional de cada categoría se basa en el conocimiento de las leyes principales de la categoría precedente.[41] Los fenómenos más sencillos son también, necesariamente, los más generales. La división inicial de los fenómenos es en dos clases principales: cuerpos inorgánicos y cuerpos orgánicos. La subdivisión de éstos da por resultado cinco ciencias: física celeste o astronomía, física terrestre, subdividida en física y química, física orgánica o fisiología, y física social. La primera trata de los fenómenos más generales, los más sencillos y los más abstractos, que son los más alejados de la humanidad; la última, por el contrario, trata de los fenómenos más particulares, más complicados y más concretos, los que de modo más directo importan al hombre.[42] Las matemáticas se colocan a la cabeza de estas cinco, puesto que a la geometría y a la mecánica es preciso considerarlas como verdaderas ciencias naturales basadas, como el resto de ellas, en la observación, aunque sean capaces, dada la extremada sencillez de sus fenómenos, de admitir un grado de sistematización infinitamente más perfecto, circunstancia que en ocasiones hace que se olviden sus primeros principios.[43]

La verdadera filosofía sistematiza, tanto como es posible, el total de la existencia humana, lo mismo la individual que la colectiva, aunque más especialmente ésta última, y en los tres órdenes de fenómenos que caracterizan la existencia: pensamientos, sentimientos y actos.[44] Hay una síntesis especulativa, otra afectiva y otra activa que, juntas, pueden formar una gran síntesis. Se ajustan a una estructura objetiva exterior, en la cual la síntesis objetiva produce ciencias y la síntesis subjetiva una educación moral filosófica para el mejoramiento humano.[45] Para la formación de la filosofía natural, sistemática o espontánea, el método objetivo, que procede de fuera a dentro, del mundo a la vida, es el único posible. El recíproco o método subjetivo, que procede de dentro a fuera, de la vida al mundo, contribuye al estado normal de nuestra inteligencia.[46] La sistematización que emana espontáneamente de la vida afectiva es teológica y es preciso que el método subjetivo abandone, como lo hace el método objetivo, la búsqueda vana de causas, y se aplique, en cambio, directamente al descubrimiento de leyes que sirvan para aliviar nuestra condición y nuestra naturaleza, esto es, debe dejar de ser teológico y tornarse en sociológico.[47] El análisis objetivo proporciona la base necesaria para la síntesis subjetiva que condensa todas las doctrinas

en la moral. La ética, o el estudio de nuestra índole con el fin de regular nuestra existencia,[48] se añade a la lista de las ciencias, y la síntesis subjetiva, que es sola, puede actuar en siete clasificaciones analíticas distintas de las ciencias: dos binarias, dos ternarias, dos cuaternarias y, finalmente, una quinaria (matemáticas, física, biología, sociología y ética).[49]

La apreciación de Mill en el sentido de que Comte usaba el método inductivo pero carecía de una teoría de la educación y no realizaba esfuerzo alguno por demostrar, es indudablemente su interpretación de la definición de Comte de la ley natural como sucesión o simultaneidad de fenómenos y su negación de causas. Es preciso que la indagación relativa al método, en contraste con la controversia, explique las concepciones de Comte de inducción y deducción, al examinar la teoría de la lógica de Comte y su relación con la ciencia y la acción. La lógica tiene un sitio en la síntesis objetiva, por relación a la ciencia, y también en la síntesis subjetiva, por relación a la acción. Comte distingue entre la inducción y la deducción en su tratamiento de las hipótesis en física: hay dos medios generales para poner al descubierto racionalmente la verdadera ley de cualquier fenómeno dado: por inducción, o sea, el análisis directo de la secuencia del fenómeno, o bien por deducción, o sea, estableciendo su relación exacta y evidente con alguna ley más amplia previamente establecida.[50] Los procesos de la lógica se usan en la síntesis objetiva dentro de la observación científica, la experimentación y el razonamiento, y en la síntesis subjetiva dentro de la educación, la investigación, la acción y la religión. La física es la ciencia en especial adecuada a la inducción y, aunque la deducción es también importante, no predomina, puesto que el establecimiento de principios verdaderos resulta más embarazoso en física que el desarrollo de las consecuencias justas. La simplicidad de los fenómenos matemáticos permite el establecimiento de principios sólidos, merced a inducciones fáciles. La inducción caracteriza más que la deducción el verdadero espíritu filosófico.[51] El método de la inducción se sigue por observación o por experimentación; la experimentación es totalmente adecuada sólo para la investigación inorgánica y en especial la física, pero puede también hacerse extensiva a la biología.[52]

La lógica no se limita al formalismo intelectual: se extiende, por un lado, del pensamiento a la emoción, a la imaginación, al lenguaje y, por otro del razonar sobre la jerarquía de los fenómenos al ordenar la jerarquía de las cosas. Por lo que hace a instrumentos, en épocas pasadas se aplicaron diferentes modos racionales a la elaboración de nuestras especulaciones abstractas y generales (la fuerza de los sentimientos, la eficacia de las imágenes y la aptitud de los signos naturales y artificiales). En realidad, desde fines de la Edad Media, la lógica ha quedado restringida al último de estos modos universales, por cuanto que es apropiado para la deducción aun cuando no encaja tan bien en la inducción y todavía menos en el uso popular. La religión

positiva ha establecido, en el sitio que deja esta vana separación de la lógica de las mujeres o del proletariado, la lógica de los poetas, la de los filósofos y la de la combinación docta e indisoluble de todos los medios regulares que están a disposición de nuestra naturaleza para descubrir leyes externas.[53] Con respecto a materias, se establece, sobre bases científicas y lógicas, una concatenación doble de las siete leyes fundamentales. En la jerarquía objetiva se subordina la ética a la sociología (puesto que el estudio sistemático del hombre depende, lógica y científicamente, del estudio de la humanidad), la sociología a la biología, la biología a la química, la química a la física, la física a la astronomía y la astronomía a las matemáticas (puesto que los fenómenos geométricos y mecánicos celestes dependen de las leyes universales de número, extensión y movimiento). Lógicamente, la enseñanza de estas materias sigue el orden de su relación científica. La habilidad deductiva se adquiere mejor por medio de los estudios más simples, mientras que los atributos inductivos se adquieren paso a paso, merced al estudio de fenómenos más complicados: la observación astronómica, los experimentos físicoquímicos, la comparación biológica y la filiación sociológica. Una vez que la inducción completa la deducción, la ciencia final elabora su combinación normal directamente, al construir el método subjetivo, propio esencialmente para la ética. Cabe usar la jerarquía positivista para representar la subordinación de seres o existencias entre sí, así como la subordinación de fenómenos y especulaciones. En su aspecto concreto, la jerarquía toda constituye una sucesión de estados en los que la dignidad crece con la complejidad. En este orden universal, que necesariamente se descompone en siete categorías sobrepuestas en serie, de manera que cada una de ellas modifica a la que precede y domina a la que la sucede, el hombre queda representado como el resumen y el regulador espontáneo del medio social, vital y material bajo cuyo influjo crece y evoluciona.[54]

Las controversias de Mill en 1865 relativas a la ciencia y al método científico suministran la base y el material para indagar las relaciones de ciencia y filosofía antes y después de él. Las declaraciones de Mill en las que expone su posición y las posiciones a las que se opone son unívocas; pueden compararse con las declaraciones de sus oponentes. La interpretación semántica tiene dos dimensiones: en la semántica de la controversia filosófica, los significados que se dan a los términos en las declaraciones opuestas se juzgan conforme a un solo conjunto de significados, usualmente determinados por la filosofía del controversista; en la semántica de la historia filosófica, los significados que se dan a los términos en declaraciones opuestas se usan para generar grupos distintos de significados, que usualmente determinan filosofías opuestas. Las preguntas comunes relativas a la ciencia y la filosofía toman el lugar de las posiciones unívocas de Mill, cuando las palabras que él usa para expresarlas son obligadas a cargar con los significados de sus oponentes así como con los suyos propios. La indagación filosófica, como la semántica filosófica, tiene dos dimensiones: el fin de la indagación es la solución de un problema específico que se plantea unívoca y congruentemente; el principio de la investigación es la consideración de un problema ambiguo, que se interpreta según hipótesis de alternativa, mutuamente incongruentes. El esquematismo permanece constante en la traducción semántica de una filosofía a la obra y en la transición de la investigación que se refiere a un problema ambiguo común a la indagación relativa a una interpretación específica del problema. La estructura que se ha empleado aquí para traducir la declaración de controversia del siglo XIX a una declaración de investigación que se refiere a la relación entre ciencia y filosofía, se basa en una matriz de especulaciones filosóficas sobre la naturaleza y el método de la ciencia. Las hileras de la matriz se forman con teorías diferenciadas que se basan en la estructura de método o en la experiencia que proviene de teorías que se basan en la estructura de la ciencia o la existencia; las columnas diferencian el papel de los fenómenos y el papel del pensamiento en la ciencia y en la investigación científica. La historia de las teorías empíricas después de Mill y Whewell prosiguió siendo agudamente distinta de la historia de las teorías después de Hamilton y Comte.

La diferencia entre Mill y Whewell, expresada en su controversia relativa al descubrimiento y la demostración, se refiere al lugar que los hechos y las ideas tienen en la inducción; ésta era el proceso básico en ambas teorías del método científico. La diferencia entre la clasificación de las ciencias de uno y la del otro residía en una divergencia entre el uso de la inducción para relacionar fenómenos por medio de las causas, por un lado, y la coligación de hechos merced a las ideas, por el otro; para ambos, la física y la química marcaban el punto de distinción crucial de las ciencias, merced al uso de la inducción. Otros dos grupos de ciencias marcaron nuevos puntos de variación crítica en la historia de las teorías empíricas: las teorías matemáticas y mecánicas de la estructura de los fenómenos y de la formación de la prueba, y las teorías biológicas y psicológicas sobre la génesis del hombre y de la estructura del pensamiento. La obra de Alexander Bain *Logic: Deductive and Inductive* (Lógica: Deductiva e Inductiva) (1870) comienza examinando los datos psicológicos de la lógica, redondea el tratamiento de la deducción al presentar "las recientes adiciones al silogismo" de Hamilton, De Morgan y Boole,[55] y diferencia una lógica para cada una de las ciencias al clasificar éstas: una lógica de las matemáticas, de la física, de la química, de la biología, de la psicología, de las ciencias de clasificación, de la práctica, de la política y de la medicina.[56] Bain da una breve historia de las clasificaciones de las ciencias, que luego acaba con una prolongada disertación crítica de la clasificación de Herbert Spencer.[57]

En 1854, Spencer escribió un ensayo titulado "Génesis de la Ciencia", para demostrar que ésta no puede ordenarse racionalmente según una serie, que era lo que Comte había tratado de hacer. En 1864, en "La Clasificación de las Ciencias", perfeccionó su distinción de éstas

en ciencias que tratan de las formas con arreglo a las cuales nos son conocidos los fenómenos, o ciencias abstractas (lógica y matemáticas), ciencias que tratan de los elementos de los fenómenos mismos, o ciencias abstractoconcretas (mecánica, física, química, etc.) y ciencias que tratan de los fenómenos en su totalidad, o ciencias concretas (astronomía, geología, biología, psicología, sociología). La tercera edición de esa obra, que vio la luz en 1871, contenía una réplica a las críticas de Bain.[58] La tendencia a buscar las bases de la inducción en las leyes psicológicas del pensamiento y las estructuras sociológicas de los valores, así como a buscar la estructura de la deducción en los postulados de las matemáticas y en las reglas de arte queda claramente ilustrada en el equilibrio entre *The Principles of Empirical or Inductive Logic* (Los Principios de la Lógica Empírica o Inductiva) de John Venn (1889), y su *Symbolic Logic* (Lógica Simbólica) ... (1881, edición revisada en 1894), por cuanto que en la primera obra empieza con "las bases físicas de la inferencia, o el mundo tal como lo ve el lógico" y "las bases subjetivas de la inducción, o los principales postulados que se exigen por el lado mental", y en la segunda trata de los símbolos matemáticos y el "universo del discurso".

La diferencia entre Comte y Hamilton, que prosiguió durante la evolución del positivismo y la neocrítica, fue una divergencia entre dos concepciones de la ciencia: una capaz de expresar las leyes de los fenómenos y la otra apta para aplicar las leyes del pensamiento. Tanto el método positivista como la lógica idealista fueron ciencias cuyo producto consistía en síntesis opuestas de ciencias objetivas abstractas y de actos subjetivos concretos. La diferencia entre la clasificación de las ciencias de uno y la del otro consistía en la importancia relativa que se daba al pensamiento y a la acción en el desarrollo y la síntesis de las ciencias; los usos del método sintético se descubrieron en el examen de las ciencias naturales y de las matemáticas. Durante la segunda mitad del siglo XIX, la historia de las teorías ontológicas fue una historia de la diferenciación entre *Naturwissenschaften* y *Geisteswissenschaften* y su comparación, de la ciencia natural y la historia (Windelband, 1894) y la ciencia natural y la cultural (H. Rickert, 1899). Las críticas de Kant de la razón pura y de la razón práctica despejaron el camino para la crítica de Dilthey de la razón histórica, la crítica de Avenarius de la experiencia pura *(Erfahren)*, y la crítica de Husserl de la razón lógica. El título completo de la obra de Heinrich Rickert, *Grenzender Naturwissenshaftliche Begriffsbildug.* (Los Límites de la Formación del Concepto en las Ciencias Naturales) la convertía en *A Logreal Introduction to Historical Science* (Una Introducción Lógica a la Ciencia Histórica) (1896-1902, cuarta edición, 1921) y cuando su *Kulturwissenschaft und Naturwissenschaft* (1899, séptima edición, 1926) se publicó en idioma inglés en 1962, se le dio el título de *Science and History: A Critique of Positivist Epistemology* (La ciencia e Historia: Una Crítica de la Epistemología Positivista). La obra de Rickert tuvo un efecto importante en la formación de las

teorías de Max Weber. La universalidad de las leyes de la ciencia natural se fijó en relación con las particularidades de la historia y de la cultura y las artes.

Las teorías empírica y ontológica evolucionan dentro de su propio marco, merced al cual se distinguen entre sí, al diferenciarse, pero de tal manera modificadas por sus oposiciones de controversia y por sus infuencias mutuas, que ambas tropiezan con paradojas que preparan el terreno para las revoluciones filosóficas de principios del siglo XX. En la tradición empírica, el examen de la ciencia y la diferenciación de las ciencias por medio de los métodos inductivo y deductivo habían desembocado en el examen de métodos adaptados a datos empíricos y conformados a la formulación simbólica. La revolución fue para las lógicas pragmáticas u operativas de la acción, por un lado, y para las lógicas simbólicas y matemáticas del lenguaje, por el otro. En la tradición ontológica, la clasificación de las ciencias según disposiciones de materias básicas o conforme a especificaciones de estructuras supervenientes y el ordenamiento de análisis objetivos merced a las síntesis subjetivas, se había desplazado al análisis de la experiencia fenomenológica y de la existencia circunstancial. La revolución fue para el análisis de existencia y lenguaje, por un lado, y para las lógicas de acción formales y trascendentales, por el otro.

Las lógicas empíricas tropezaron con paradojas que se refieren a la relación de las declaraciones verdaderas con lo que es el caso, mientras que las lógicas simbólicas encontraron paradojas a la relación entre declaraciones sobre cosas y declaraciones sobre declaraciones. La tradición empírica prosiguió, a pesar de las paradojas, para descubrir que la tarea de la filosofía, en relación con la ciencia, consiste en el examen de los métodos de la ciencia y no en contribuir al establecimiento de verdades científicas. Aunque la lógica experimental fue el método para descubrir soluciones para los problemas y la lógica matemática podía establecer postulados a partir de los cuales podrían deducirse todas las ciencias formales, los métodos mismos de la lógica eran independientemente de todo compromiso metafísico o epistemológico. La rebelión era contra el idealismo y en pro del realismo o naturalismo. Los análisis fenomenológicos tropezaron con paradojas relativas a la relación entre la fenomenología psicológica y la trascendental, mientras que las lógicas formales se encontraron con paradojas relativas a la relación de la existencia con el ser. La tradición ontológica prosiguió, con el auxilio de las paradojas, para descubrir que la tarea de la filosofía en relación con la ciencia es la constitución de la filosofía como ciencia rigurosa capaz de habérselas con problemas objetivos comparables a los de las ciencias particulares pero distintos de ellos, y no en la especulación que se refiere a conceptos y métodos abstractos. Aun cuando el análisis fenomenológico aclaró conceptos sazonados en la experiencia, y la lógica trascendental puso los cimientos de la lógica formal, ni el uno ni la otra establecieron ni usaron concatenaciones metódicas, sino que, a cada paso, se refirieron

[5] Ernst Mach, *The Science of Mechanics: A Critical and Historical Account of Its Development,* traducción de T. J. McCormack. (Chicago, 1907) 187. La letra bastardilla fue usada por Mach. En 1867, Kelvin y Tait expresaron una confianza parecida en el sentido de que las leyes de Newton no necesitaban de alteración alguna (Sir William Thomson y Peter Guthrie Tait, *Treatise on Natural Philosophy* [Cambridge, 1890], prefacio, p. vii): "En el segundo capítulo damos las Leyes del Movimiento de Newton según sus propias palabras y con algunos de sus propios comentarios habiendo terminado en total fracaso todo intento hasta ahora realizado para invalidarlas. Quizá nunca se haya proporcionado algo tan sencillo, y al mismo tiempo tan comprehensivo, como base de un sistema, en cualquiera de las ciencias."

[6] *Treatise on Electricity and Magnetism,* vol. 2, 3a. Edición (Oxford, 1892), parte 4, capítulo 5, artículos 553, 554 y 567, pp. 199-200, 209-210.

[7] *Regulae ad Directionem Ingenii,* Regula IV *Oeuvres de Descartes,* vol. 10, C. Adam y P. Tannery, Comps. [París, 1908] 377-378).

[8] *Principia Philosophiae,* Parte II, 64 *Oeuvres de Descartes,* vol. 8, pp. 78-79).

[9] *Meditationes,* Secundae Responsiones *(Oeuvres,* vol. 7, pp. 155-156). La traducción francesa, que Descartes vio, tradujo *a priori* y *a posteriori* por las frases dentro de paréntesis después de esas palabras *(Oeuvres,* vol. 9, pp. 121-122).

[10] "Proyecto de un Arte de Inventar", *Opusculus et Fragments Inédits,* Cop.: L. Couturat (Par6s, 1903) 181.

[11] John Stuart Mill, *An Examination of Sir William Hamilton's Philosophy,* Tercera edición (Londres, 1867), capítulo 20, pp. 430 y siguientes y página 450.

[12] John Stuart Mill, *A System of Logic,* Libro III de la Inducción, Octava Edición (Nueva York, 1893), capítulo I, 1, p. 207.

[13] *Autobiography,* capítulo 7, pp. 157-158.

[14] *A System of Logre,* libro II, capítulo IV, 1, p. 158; y 4, p. 162.

[15] *Ibid,* capítulo IV, 5, p. 164.

[16] *Ibid,* libro III, capítulo I, 2, p. 208.

[17] *Ibid.,* capítulo III, 7, p. 208, y capítulo XI, 1, p. 325.

[18] *Ibid.,* libro V, capítulo IV, 3, p. 599.

[19] *Ibid.,* libro III, capítulo VI, p. 167.

[20] *Ibid.,* 271.

[21] *Ibid.,* libro VI, capítulo VI, 2, p. 608; capítulo 9, 1, p. 619; capítulo 10, pp. 630-631.

[22] William Whewell, *On the Philosophy of Discovery* (Londres, 1860), prefacio, p. v.

[23] William Whewell, *Novum Organon Renovatum,* 3a. edición (Londres, 1858), prefacio, pp. iv-v.

[24] *Philosophy of Discovery,* v.

[25] *Novum Organon Renovatum,* libro II, cap. I. p. 27.

[26] *Ibid.,* libro III, cap. I, 2, p. 152.

[27] *Ibid.,* cap. V, p. 186.

[28] *Ibid.,* libro II, cap. IX, 2, pp. 136-137.

[29] *Ibid.,* libro III, cap. X, pp. 247-256.

[30] Sir William Hamilton, *Lectures on Logic,* Conferencia 4 (Boston, 1872) 41.

[31] *Ibid.,* 42-43.

[32] *Ibid.,* conferencia 17, pp. 225-228.

[33] *Ibid.,* conferencia 32, pp. 450-453.

[34] *Ibid.,* conferencia 27, pp. 377-378.

[35] *Ibid,* 383.

[36] *Ibid.,* 379-382.

[37] Auguste Comte, *Cours de Philosophie Positive,* vol. 1, 3a. ed. (París, 1869), Primera lección, p. 8.

[38] *Ibid.,* 9-10.

[39] *Ibid.,* 16.

[40] *Ibid.,* 29

[41] *Ibid.,* Segunda Lección, p. 68.

[42] *Ibid.,* 71-75.

[43] *Ibid.,* 87.

[44] Auguste Comte, *Système de Politique Positive,* vol. 1 (París, 1851), Discurso Preliminar, Primera Parte, p. 8.

[45] *Ibid.,* 25-28.

[46] *Ibid.,* Introducción fundamental a la vez científica y lógica, pp. 443-444.

[47] *Ibid.,* 446.

[48] Tercer Capítulo. Cuadro General de la Existencia Teórica según la Concepción Relativa del Orden Universal; o Sistematización Final del Dogma Positivo (vol. 4 [París, 1854], 181-183).

[49] *Ibid.,* 187-189.

[50] Auguste Comte, *Philosophie Positive,* vol. 2, Vigésima octava lección, p. 298.

[51] *Ibid.,* vol. 1, pp. 516-517.

[52] *Ibid.,* 651.

[53] *Ibid.,* 406.

[54] *Ibid.,* vol. 4, pp. 182-185.

[55] *Logic: Deductive and Inductive,* ed. rev. (Nueva York, 1883) 178-207.

[56] *Ibid.,* libro V, "Lógica de las Ciencias", pp. 429-598.

[57] *Ibid.,* apéndice A, "Clasificación de las Ciencias", pp. 627-639.

[58] "La Clasificación de las Ciencias", "Postdata, Réplica a las Críticas", *Recent Discussions in Science, Philosophy, and Morals* (Nueva York, 1886) 89-112.

3

TERMODINAMICA Y RELIGION: UNA EVALUACION HISTORICA

Erwin Hiebert

I

La mayor parte de la literatura sobre la interacción de ciencia y religión en el mundo occidental a lo largo del siglo pasado, gira en gran medida alrededor de cuestiones relativas a sus conflictos y reconciliaciones. En la mayoría de las obras escritas sobre este tema, desde 1850 más o menos, la parcialidad de los autores resulta transparente y vigorosa, en la defensa ya sea de la ciencia o de la religión. Así pues, las pérdidas de la religión se acreditan en el haber de la ciencia y viceversa. Dicha actitud ha prevalecido pese al hecho de que muchos de los aspectos más intensamente controvertibles parecen caer en el olvido sin que uno u otro campo concedan que haya habido daño permanente.

En épocas anteriores, por contraste, era muy común creer que un conocimiento íntimo de la filosofía natural sólo podía mostrar la senda hacia una mayor reverencia de la Divinidad a la que el cosmos debía la existencia y el sostén. Con un concepto así de la presencia y la acción de Dios en la naturaleza, ni el conflicto ni la reconciliación constituían motivo de preocupación vital para los filósofos naturales o los teólogos.

Dentro de la tradición mecanicista de los inicios de la ciencia moderna, se consideraba bastante inaceptable exigir que Dios actuara por medio de intervenciones caprichosas desde una esfera sobrenatu-

ral, por arriba y más allá del mundo natural. La alternativa era hacer hincapié, como lo hacían los deístas, en que el estudio de la naturaleza ponía de manifiesto la sabiduría de Dios en sus designios originales. Hasta mediados del siglo XIX no se consideró a la naturaleza como la cimentación más positiva para la creencia en la Divinidad. Era, en realidad, un cimiento más aceptable que la teología, la cual había sido, desde los tiempos de la Reforma, la causa de persecuciones, guerras y hostilidad.

En tiempos más recientes, un enfoque favorito del problema, visto desde el lado de la ciencia, era concentrarse en aquellos progresos históricos de las ciencias naturales que más contribuyeran a la erosión de la instituciones, prácticas, conceptos y creencias tradicionales religiosas.

Con frecuencia, la intención era demostrar la absurdidad práctica y la carencia de significado lógico de elementos específicos de la fe religiosa. Este enfoque se basaba en el supuesto de que los conflictos entre ciencia y religión se resolvían en gran medida merced al avance de la ciencia y el retraimiento de la religión.

Un argumento harto familiar procedía más o menos como se indica a continuación: Alguna vez se consideró que varios aspectos de la naturaleza, inclusive vastos dominios de la materia animada, pertenecían exclusivamente al misterioso y sagrado dominio de la verdad que la ciencia nunca invadiría. Al llegar la madurez de la ciencia, el hombre moderno adquirió información real de hechos y teorías científicas gracias a los cuales aquellos "dominios misteriosos de la verdad" vinieron a quedar anexados a la ciencia en varios desarrollos concretos dentro de la astronomía, la evolución, la genética, la meteorología, la bioquímica, la medicina, la farmacología y el estudio del comportamiento de los animales.

Se arguyó que mientras prevaleciera la costumbre del hombre de rendir culto a Dios de una manera precientífica, era poco probable que el hombre examinara la lógica y el significado de su culto. John Morley lo expresó así: "Donde es un deber adorar al Sol, a buen seguro que es un crimen examinar las leyes del calor". El progreso de la ciencia cambió dichas costumbres. Contando con su lenguaje matemático, a la vez preciso y extraordinariamente eficaz, y con sus conceptos sobre átomos, energía, genes y células, la ciencia se apropió de aquellos dominios de la verdad que se consideraran antes prerrogativa exclusiva de la religión. No extraña entonces que los hombres se quedaran abrazando conceptos religiosos vacíos y obsoletos, ni que los rituales institucionalizados parecieran estériles.

Según dicho punto de vista, se veía que la religión auguraba para todos, excepto para quienes fueran excesivamente tontos como para percibir la evidencia en su contra y para quienes fueran tan persistentes e ingeniosos en su gimnasia mental como para tener éxito al guarecerse tras de barricadas levantadas contra la crítica científica. Todo sistema religioso que se basara en ingenuas excusas de índole provisional para Dios en la naturaleza, suministraba así su propia perdi-

ción implícita en ellas, alegaban los científicos, a medida que se veía cómo la ciencia "tomaba el mando".

Los argumentos de tal tipo, desembocaron de manera natural en la actitud seria de poner en tela de juicio el valor de las instituciones y creencias religiosas tradicionales. Más perjudicial para la religión, a la larga, fue la actitud de considerar a la religión tradicional no como algo por difamar o combatirse, sino apenas como algo bastante ajeno a la vida del hombre en sociedad: algo que soslayar o enterrar sin aspavientos, al tiempo que se pasaba a otros objetivos y tareas más seculares, no sobrenaturales, menos de otro mundo, ligados a evidencia fenomenológica más positiva de lo que es y de lo que pudiera ser.

En ocasiones se consideró que la propia ciencia representaba un nuevo modo elevado de actividad religiosa: algo análogo a la percepción intelectual que de Dios tuvo Spinoza, continuada en las vidas de los científicos experimentales y teóricos. Es así como, en esta instancia, se veía a la ciencia como la búsqueda de la verdad de Dios, prescindiendo de las "creencias" del portavoz de la verdad. Al llegar a este nivel de discusión, no entraban ya en competencia la ciencia y la religión, en cuanto a la visión del mundo. "Ganar" y "conflicto" habían perdido su significado en el traslado total de los objetivos unitarios.

La actitud alternativa era *acomodar* el pensamiento de uno, aceptar que ciencia y religión caigan en compartimientos mutuamente exclusivos al sostener los dos "cuadros complementarios" de la perspectiva que el hombre tiene del mundo: el cuadro científico o material y el cuadro religioso o espiritual. Por desgracia, los cuadros eran borrosos y las condiciones limítrofes de los dos cuadros mal definidas. Así pues, nadie podía predecir cuándo y dónde los científicos plantearían y contestarían a preguntas que se habían nutrido en el seno de las fronteras tradicionales de la teología y la filosofía. Desde luego, una posibilidad que siempre existía era la substitución por parte de otros sistemas esenciales del pensamiento que no fueran los de la historia y la tradición, esto es, por otras religiones.

En el extremo opuesto del problema, desde el lado de la religión, sabemos de los esfuerzos por dar valor y defender la religión, la revelación, la iglesia y las necesidades "espirituales" del hombre en la sociedad, por medio del rechazo, la denigración, la devaluación o la reinterpretación y ajuste de teorías y explicaciones científicas ideadas para remover los conflictos existentes. La literatura que se consagra a este tema es enorme y abarca la variedad total de argumentos que va desde el discurso superficial, la ignorancia, la intolerancia, la equivocación y la semántica mañosa hasta los análisis y la controversia sesuda en las que campean la agudeza, la racionalidad, el tacto exquisito y el trato seductor y comedido.

La atención se concentraba invariablemente en la remoción, de una manera u otra, de desemejanzas y contradicciones irreconciliables. Por ejemplo, se consideraban como exageradas las demandas científicas de una cosmología mecanista; se apreciaban como excesivamente inflexibles las interpretaciones literales de la Biblia. Se criticaba la evolución darwiniana, por su empeño en suministrar excusas en lugar de eslabones perdidos. Se despojó del mito a la narración bíblica de la génesis del hombre. Se rescató el significado religioso de registros bíblicos, relaciones históricas, milagros y contradicciones en los textos, merced a la reinterpretación que hizo hincapié en los significados no literales del texto. De esa manera podía la teología resguardarse de toda censura por parte de la ciencia, adoptando un lenguaje que no fuera literal sino simbólico y analógico. Así, también, podía defenderse de la crítica de la lógica al alegar que su lenguaje no era lógico sino paradójico. Por otro lado, un conocimiento de Dios que fuera meramente simbólico, analógico o paradójico se reflejaba en los ojos de los científicos como un conocimiento que no era real en manera alguna.

II

Guerra o reconciliación, causa que provoca conflicto o motivo que deja de tener vigencia, no cabe duda que el amplio enfoque histórico de la interacción de ciencia y religión es un tópico atractivo, digno de prosecución aunque no fuera sino por reconstruir y evaluar el pasado social, cultural e intelectual del hombre. Aunque hay muchísimas obras de índole general sobre este tema, sugeriría que en esta ocasión intentáramos abordar el asunto con mayor libertad, esto es, no centrar directamente la atención sobre los conflictos y las reconciliaciones entre la ciencia y la religión, sino antes bien sobre los usos que se han dado a la ciencia para dar respuesta a interrogantes cuyo molde es fundamentalmente religioso.

Permítaseme ser más específico, para decir que deseamos concentrarnos exclusivamente sobre la influencia que ha tenido la termodinámica en el pensamiento religioso durante el siglo pasado: deseamos mostrar de qué maneras se usaron, afirmaron, rechazaron, manipularon, explotaron y criticaron la primera y la segunda leyes de la termodinámica, con el fin de promover la religión y también con el de censurarla.

Como historiador de la ciencia, hallo que empeñarse en este estudio es empresa harto emotiva y singularmente estimulante, precisamente porque hay en él puntos de contacto potenciales entre la ciencia y la evolución del pensamiento moderno. Si ha de ser la historia de la ciencia algo más que un análisis interno de la manera en que la ciencia llegó a ser lo que actualmente es, o lo que fue en cualquiera otra época, entonces me atrevo a insinuar que el historiador de la ciencia puede muy bien tener que aventurarse dentro de tal territorio nuevo. El territorio se extiende más allá de los confines del estudio tradicional de los documentos principales que contribuyeron al progreso experimental y teórico de la ciencia. En realidad, si la historia

registra las ideas y el comportamiento del hombre en el tiempo y el espacio, entonces bien puede ser igualmente legítimo estudiar, por ejemplo, la interacción entre el pensamiento termodinámico y la religión que estudiar la historia interna de la termodinámica *per se*, siendo ésta última en la que empleo la mayor parte de mi tiempo. Sin embargo, los documentos son bastante diferentes para uno y otro tipo de estudio histórico.

En nuestro examen del uso que se da a los principios de termodinámica en el pensamiento religioso (y quizá en el pseudorreligioso) acepto que no siempre nos toparemos con lo que, con absoluta propiedad, pueda llamarse literatura de primer orden, ya sea científica o religiosa. Nuestro criterio para considerar el tratamiento que a un tema le da un autor dado cualquiera, tendrá que ser necesariamente cuán pertinente resulta para la historia y no su mérito intrínseco como obra de importancia duradera científica o religiosa. No estoy en el caso simplemente de defender el estudio de *cualquier* chiflado al que le dé por la termodinámica, la filosofía o la teología. El volumen de este tipo de literatura es inmenso. Sugiero, sin embargo, la pertinencia, para este estudio histórico, de obras literarias que, siendo o no chifladuras, hayan tenido algún efecto digno de nota sobre la sociedad. En otras palabras, las obras deben reflejar algo de los sentimientos y actitudes de una época, independientemente de que, entonces como ahora, puedan no pasar la prueba de excelencia a los ojos de la "elite" científica o religiosa.

La sustancia esencial de esta fase de la historia de la termodinámica o de la religión, lo admito desde luego, es por tanto no lo que sucedió sino lo que sobre ello se pensó o se dijo. Ofrezco estos comentarios por vía de atento recordatorio de que son buenas las intenciones, por si acaso pudiera parecer (según avancemos) que nos empeñamos en recalcar lo exótico, lo carente de sentido o lo irreverente. Al analizar la historia, no siempre necesitamos ser profundos, especialmente cuando las causas son tan superficiales.

III

No habré de discutir la historia y el significado de las primeras dos leyes de la termodinámica sino para identificarlas sucintamente en el contexto de nuestro problema.

La primera ley de termodinámica, el principio de la conservación de la energía, fue enunciada, en la década de 1840, por Mayer y Helmholtz en Alemania, Joule en Inglaterra y Colding en Dinamarca. Hubo varias otras personas que acariciaron ideas sobre la conservación de la energía antes y después de la década de 1840, pero, en una forma u otra, suministraron formulaciones menos satisfactorias del principio en cuestión que las personas ya citadas. Baste con decir que la conservación de la energía fue un descubrimiento múltiple independiente, que se desató entre varios investigadores científicos

europeos que a la sazón estaban mucho más íntimamente ligados a la ingeniería civil y militar, la medicina, la fisiología y la elaboración de cerveza que a cualquier acontecimiento que se produjese en los centros académicos y que se refiriera a las disciplinas de la física.

Con Julio Roberto Mayer la ley toma la forma de un aserto, en el sentido de que varias formas de la energía son objetos imponderables, cualitativamente transformables, cuantitativamente indestructibles.[1] En el trabajo de Mayer, Joule, Colding y otros tenemos, asimismo, cálculos teóricos y dispositivos experimentales expresamente ideados para dar el equivalente numérico de varias formas de la energía. Excepto por el apéndice que a la primera ley añade Einstein en 1905 para efectos de cálculos de conversión de masa a energía, no hay procesos naturales francos que se sepa violen el principio de conservación de la energía. En otras palabras, es imposible, ya sea por medios mecánicos, químicos, térmicos u otros, concebir un tipo cualquiera de mecanismo que tenga movimiento perpetuo, el cual crea la energía de la nada.

Después de 1850, Clausius, Kelvin, Boltzmann y otros, formularon de varias maneras la segunda ley de la termodinámica (que no es sino una extensión del principio de Sadi Carnot de 1824, y de su correspondiente representación algebráica y gráfica por parte de Clápeyron en 1834). Esta ley va más allá del principio de conservación de la energía, al hablar de la dirección en que un proceso puede darse en la naturaleza, esto es, no basta la conservación de la energía para una determinación singular de los procesos naturales. Por ejemplo, la segunda ley estipula cómo puede ocurrir el intercambio de calor por conducción entre dos cuerpos de diferente temperatura. El principio, por tanto, tiene algo que decirnos sobre la cantidad de calor que puede convertirse en energía mecánica en una máquina de calor ideal que opera, según un diferencial de temperatura dado, entre la cámara de combustión y el escape.

Esto significa que podemos hablar sensatamente sobre energía disponible lo mismo que sobre energía no disponible. En realidad, el factor de capacidad para la energía no disponible es una función termodinámica extremadamente versátil llamada entropía. Sucede que para todos los sistemas cuyas condiciones limítrofes están definidas de tal manera que no ocurren transferencias de energía a través de las fronteras, la entropía crece para todos los procesos espontáneos en el seno del sistema. El incremento de entropía corresponde a un decremento de la energía disponible. El resultado neto es que, para todos los procesos naturales, parte de la energía termina por convertirse en no disponible. Una aseveración equivalente sería decir que los sistemas en la naturaleza se mueven espontáneamente del orden al desorden, de una carencia menor a una mayor de orden y concierto, o bien, hacia un estado de probabilidad máxima.

En 1865 Clausius plasmó la primera y la segunda leyes de termodinámica en la siguiente forma verbal simple: "La energía del universo es constante. La entropía del universo tiende hacia un máxi-

mo".[2] Estos dos asertos, juntos con varias extensiones lógicas e ilógicas de la energía y del principio de la entropía, constituyen el fondo de todo lo que habré de decir aquí sobre la interacción de ciencia y religión.

IV

A la aceptación de las leyes de la termodinámica, lenta en un principio, especialmente entre físicos y químicos, siguió un período de rápida explotación, que revolucionó y unificó el estudio de la química, la teoría del calor, las máquinas de calor, la radiación, la electricidad y el magnetismo. Menos respetables, pero no obstante ello harto reales, fueron las deducciones, discusiones y especulaciones de gran alcance referentes a la importancia de los conceptos termodinámicos en trabajos cosmológicos relativos a la fuente de la energía del Sol, al origen del sistema solar y a los puntos de vista sobre la expansión y contracción del universo. Por cierto que el concepto de la energía tuvo también un papel importante en las discusiones sobre los éteres luminoso, gravitacional y eléctrico que se idearon para poder manejar problemas en electromagnetismo, óptica, teoría de la radiación y teoría atomística.

En virtud de la enorme abundancia de inferencias de grandes alcances que se habían deducido de un pequeño número de axiomas, la termodinámica había tomado, para fines del siglo XIX, su lugar, junto a la mecánica y el electromagnetismo, como uno de los pilares teóricos principales de la física clásica. Aparte de las inquietudes relativas a la velocidad de las reacciones químicas, esto es, la cinética química y la preocupación sobre problemas que surgen al habérselas con el comportamiento de moléculas o de aglomerados moleculares, fueron la termodinámica y la termoquímica las que, más que cualesquiera otros aspectos de la ciencia del siglo XIX, contribuyeron al establecimiento de la química física como una disciplina por separado.

A fines del siglo la termodinámica, asimismo, ayudó sustancialmente en la apertura de nuevos campos de la investigación tanto experimental como teórica, como la criogénica, la física del estado sólido, la mecánica estadística, la teoría cuántica y el estudio de procesos desequilibrados o irreversibles. El que la termodinámica no sea ya actualmente un instrumento lógicamente necesario para trabajar, por ejemplo, con la mecánica cuántica no modifica el hecho de que la temprana teoría cuántica se abrigaba en el seno del medio de la termodinámica.

Era virtualmente inevitable que parte de la agitación termodinámica del siglo XIX pasara a especulaciones relativas, a problemas de fisiología, de vitalismo biológico y de la vida en general. En verdad, la termodinámica no sólo dejó su marca sobre el pensamiento científico, sino que influyó a la vez al pensamiento social y político, la psicología, la literatura, la historia, la filosofía y la religión. Es el derrame de la termodinámica sobre la religión lo que deseamos examinar aquí más particularmente.

Ya en 1863 Sir William G. Armstrong, al dirigirse a la Sociedad Británica para el Progreso de la Ciencia en su calidad de presidente de la misma, hacía notar que la teoría dinámica del calor y los nuevos puntos de vista sobre la energía (o "fuerza" como todavía entonces se referían a ella de manera descuidada) probablemente constituían el descubrimiento más importante del siglo.[3] Para entonces ya se había aplicado el principio de conservación de la energía no sólo al movimiento, al calor, a la luz, a la electricidad, al magnetismo y la afinidad química, sino también a problemas que se encuentran en el mundo de la vida orgánica: el calor animal y vegetal, la digestión, la respiración, la fuerza muscular, la acción nerviosa, la energía vital, la evolución de estructuras organizadas animales y vegetales a partir de células de germen primordial de vida latente y los efectos de la sensación y la conciencia vegetales y animales.[4]

Uno de los autores más leídos sobre este amplio tema "filosófico" fue el abogado y físico inglés Wiliam R. Grove, cuyo famoso ensayo *Correlation of Physical Forces* (La Correlación de las Fuerzas Físicas), primeramente publicado en 1846, tuvo numerosas ediciones inglesas y norteamericanas, que mantuvieron al público informado sobre la forma en que la marcha inexorable del conocimiento de varias "fuerzas" resolvía los nuevos problemas de la ciencia.

Grove advertía que era muy probable "que cuando se las descubra y se investiguen totalmente sus maneras de actuar", tales fuerzas "se encontrarán relacionadas *inter se* y con dichas fuerzas como éstas lo están entre sí". Estaba persuadido de "ser esto tan cierto como es factible predecir con certeza cualquier acontecimiento futuro". Grove concluía:

> *Muchos de los fenómenos que existen, hasta ahora tenidos por distintos, quedarán enlazados y explicados: la explicación es, en realidad, únicamente la relación con algo más familiar, no más conocido (esto es, conocido en cuanto actos causales o creadores). En todos estos fenómenos sucede que cuanto más a fondo se les investiga más convencidos quedamos de que, humanamente hablando, ni la materia ni la fuerza pueden crearse o aniquilarse y de que es inalcanzable una causa esencial... La causalidad es la voluntad, la creación, el acto de Dios.*[5]

William B. Carpenter, eminente e infatigable investigador inglés de las ciencias de la zoología, la botánica y la fisiología mental, escribió sobre la correlación de las fuerzas físicas y vitales con una fanfarronada que seguramente debe de haber desconcertado a los fundadores del principio de conservación de la energía. En un ensayo de 1850 Carpenter abordó el problema de la relación mutua (metamórfosis y conversión) entre las fuerzas físicas y los procesos vitales del crecimiento, el desarrollo y la reproducción vegetales y animales, así

como la evolución de estructuras heterogéneas complejas a partir de masas germinales homogéneas.[6] Al aplicar el principio de la correlación (conservación) de fuerzas con los fenómenos vitales esperaba, afirmaba él, abrir nuevas vías de investigación que confirieran a las ciencias fisiológicas los mismos aspectos dinámicos bajo los cuales la mayoría de los filósofos esclarecidos veían a las ciencias físicas.[7]

El "*modus operandi* particular de la "fuerza de la célula" en la formación celular de las plantas se comparó a la "potencia de máquina", término que, según hizo ver Carpenter, se usaba:

> *Sabiendo que la máquina de vapor no posee por sí misma potencia alguna, sino que es simplemente el instrumento que más comúnmente se emplea, por cuanto que es el más conveniente y ventajoso de cuantos hasta ahora se han ideado, para la aplicación de la fuerza de expansión del vapor, generado gracias a la aplicación de calor, para producir movimiento mecánico.*[8]

Carpenter descubrió que las fuerzas del crecimiento, desarrollo y movimiento de los animales son esencialmente las mismas que la "fuerza celular" de las plantas, excepto por una "acción nerviosa" adicional ligada a la mente consciente, que comunica las impresiones del mundo externo y está enlazada al funcionamiento de tejidos contráctiles que actúan en obediencia a impulsos mentales.

> *Porque, así como la electricidad generada mediante la transformación química puede operar (en virtud de su correlación con la afinidad química) en la producción de otras transformaciones químicas en distinto lugar... así, igualmente, la fuerza nerviosa, que tiene su origen en la formación de células, puede excitar o modificar el proceso de formación celular en otras partes y de este modo influir todas las manifestaciones vitales de los varios tejidos, cualesquiera que sean sus propios caracteres.*

Era así, pues, como esperaba él haber establecido "la proposición general en el sentido de que existe una relación mutua de tal manera íntima entre todas las fuerzas vitales, que cabe legítimamente considerarlas como *modos* de una y la misma fuerza".[9]

En cuanto a la relaciones de las fuerzas vitales con las físicas, Carpenter procedió a demostrar a satisfacción propia que la "fuerza nerviosa" ("*la más perfecta* de todas las formas de fuerza vital, tanto por sus relaciones con la acción mental como por su fuerza predominante sobre los procesos orgánicos de toda índole") está perfectamente correlacionada, siendo a la vez mutuamente convertible con la electricidad, el calor, la luz, el magnetismo, el movimiento y la afinidad química.

No obstante las anteriores comparaciones físicas, Carpenter conserva, como lo había hecho Liebig, el concepto de la preexistencia de un organismo vivo necesario para la evolución de una "estructura organizada aun del tipo más elemental".

> *Es la especialidad del substrato material que así suministra el medio o instrumento de la metamorfosis, el cual... establece, y por siempre debe mantener, una línea limítrofe claramente delineada entre las fuerzas físicas y las vitales. Comenzado con la noción abstracta de fuerza tal como emana inmediatamente de la voluntad divina, bien pudiéramos decir que dicha fuerza, al operar a través de la materia inorgánica, se manifiesta en la electricidad, el magnetismo, la luz, el calor, la afinidad química y el movimiento mecánico, en tanto que, cuando se dirige a través de estructuras organizadas, efectúa las operaciones del crecimiento, el desarrollo, la transformación quimicovital y otras análogas, pasando por metamorfosis posteriores gracias a la agencia de las estructuras así generadas, hasta los actos nerviosos y la fuerza muscular.*[10]

Así, pues, para Carpenter, "toda *fuerza* que no emana de la voluntad de los seres creados sensibles, directa e inmediatamente procede de la voluntad del creador omnipotente y omnipresente". Lo que él llama "fuerzas físicas" no son sino "otros tantos *modi operandi* de uno y el mismo acto, la voluntad creadora y sustentadora de la Divinidad".[11] Carpenter mantuvo sus reservas por lo que se refiere a hacer extensiva la doctrina de la evolución a la naturaleza intelectual y espiritual del hombre, aun cuando había pasado por "grados de ascención orgánica" del análisis de ciertas fuerzas físicas, como el calor y la luz, a los actos nerviosos y la fuerza muscular.

V

Hemos indicado de qué manera se usó el principio de conservación de la energía en argumentos bastante feroces de índole especulativa y de base teológica en las obras del físico Grove y del fisiólogo Carpenter. En ninguna de las primeras exposiciones del principio de la energía se desboca la *filosofía* tan locamente como lo hace en los escritos de Herbert Spencer. Era Spencer uno de los representantes de una interpretación naturalista de los fenómenos ampliamente diseminada, que descansaba, en el caso de él, sobre una extraña síntesis de ideas tomadas de la teoría de la evolución, del principio de conservación de la energía y de una metafísica humanitaria y religiosa. Uno de sus amigos le tildaba de "radical hasta la médula".

En los *Primeros Principios*, de 1862, Spencer intenta una reconciliación de la ciencia y la religión sobre el amplio postulado de fe en lo *Incognoscible* como la causa de toda existencia fenomenológica. El más profundo, el más amplio y el más cierto de todos los hechos, para Spencer, es que la *Fuerza* que el universo manifiesta ante el hombre es totalmente inescrutable. Así pues, las "ideas científicas esenciales", como fuerza, espacio y tiempo, son todas representativas de realidades que no pueden comprenderse.[12]

De acuerdo con Spencer, en el seno de las ideas científicas esenciales, "la fuerza" es la esencial entre las esenciales y se encuentra

arraigada en toda experiencia primordial. No sabemos, nos dice, lo que es la fuerza en cuanto esencia, pese a que la ley de sus manifestaciones pueda inferirse de la experiencia, aunque nunca se derive inductivamente. La ley es la ley de la conservación de la energía. "Persistencia de la fuerza" es la expresión que Huxley había sugerido y que Spencer prefirió.[13]

En su capítulo sobre "la correlación y equivalencia de las fuerzas", Spencer añade las "fuerzas mentales" a la misma generalización (la misma ley de metamorfosis) que él reconocía se había enunciado para las fuerzas físicas, sobre la base de las investigaciones experimentales de Mayer, Joule, Helmholtz y Grove.[14] Spencer dice:

> *Aquellos modos de lo Incognoscible que nosotros llamamos movimiento, calor, luz, afinidad química, etc., son igualmente susceptibles de transformarse el uno en el otro y [también] en aquellos modos de lo Incognoscible que distinguimos como sensación, emoción, pensamiento, los que, a su vez, son directa o indirectamente susceptibles de transformarse en sus formas originales.*
>
> *Por supuesto que si la ley de correlación y equivalencia es válida para las fuerzas que clasificamos como vitales y mentales, debe también serlo para aquellas que clasificamos como sociales... [y] si preguntáramos de dónde vienen estas fuerzas físicas a partir de las cuales, merced a la intervención de las fuerzas vitales, surgen las fuerzas sociales, la respuesta es, por supuesto, la misma que hasta ahora ha sido: las radiaciones solares.*[15]

Spencer concluye afirmando que "las verdades más profundas que nos es dado alcanzar son tan sólo expresiones de las uniformidades más amplias dentro de nuestra experiencia de las relaciones entre materia, movimiento y fuerza; materia, movimiento y fuerza nada son sino símbolos de la realidad ignota".[16] La ciencia, como en lo incognoscible esencial entre los esenciales, o sea, *la fuerza,* se une a la religión en "el conocimiento interior de nuestra fuerza omnipotente incomprensible": un Ser Absoluto. La religión y la ciencia están no obstante arraigadas ambas en el plano común de referencia de todo pensamiento humano, esto es, en la ley de la "persistencia de la fuerza". Empero, el establecimiento de la correlación y la equivalencia entre las fuerzas del mundo exterior (materia) y las del mundo interior (espíritu) son, para Spencer, meras cuestiones de asimilación de una cualquiera de ellas por la otra, "según sea que empecemos con uno u otro término".

Spencer expresa puntos de vista conexos sobre fuerza en la parte que habla de "Instituciones Eclesiásticas" en el tercer volumen (Principios de Sociología) de su *Synthetic Philosophy* (Filosofía Sintética) de 1885.[17] Aquí se ocupa de la historia de la religión y las instituciones religiosas así como de los elementos de *fuerza* que intervienen en todas las religiones primitivas. Reconociendo que hay elementos de fuerza que trascienden el conocimiento interior, como lo ponen de manifiesto la fuerza muscular, la de los espíritus aparecidos, la adoración del Sol, los poderes de brujos y sacerdotes. Spencer concluye que todas las religiones tienen una génesis natural que conduce hacia planos superiores desde los antropomorfismos más primitivos hasta los dioses inescrutables, incognoscibles y omnipotentes. La divinidad, que es sinónimo de la superioridad, a la larga se convierte en no antropomórfica al desembocar en la idea de fuerza. Esta idea alcanza su forma extrema en el hombre de ciencia que interpreta apropiadamente la idea de la "persistencia de la fuerza" en términos de todos los tipos posibles de fenómenos físicos, biológicos, mentales y nerviosos.

Es así como la facultad más alta y la penetración más honda, según Spencer, elevan los sentimientos del hombre de ciencia hasta una visión, aunque sea oscura e incompleta, de la existencia esencial.

> *Y no es probable que disminuya este sentimiento, sino que crezca merced a aquel análisis del saber que, al tiempo que le fuerza hacia el agnosticismo continuamente, sin embargo, le impulsa a imaginar alguna solución al Gran Enigma que sabe bien no puede resolverse... Pero una verdad debe ser cada vez más evidente. La verdad de que hay una Existencia Inescrutable por doquier manifiesta a la que [el hombre]... no puede encontrarle ni concebirle principio o fin. En medio de los misterios que se tornan más misteriosos cuanto más se piensa en ellos, quedará una certeza absoluta, la de que estará por siempre en presencia de una Energía Infinita y Eterna, de la cual proceden todas las cosas.*[18]

El más entusiasta apóstol del darwinismo en Alemania, un biólogo que tuvo una enorme producción literaria, el profesor de zoología en Jena, Ernst Haeckel, aplicó el principio de conservación de la energía (en combinación con la evolución biológica) a algunos de los problemas más antiguos de la filosofía y la religión. En su *Die Welträthsel* de 1899, que en 1900 apareció traducido al inglés como *The Riddle of the Universe* (El Enigma del Universo) se adopta una posición monista, materialista, inflexible, que dicta la unidad intrínseca de lo orgánico y lo inorgánico en la naturaleza y propone a la evolución desde los protozoarios unicelulares hasta el nivel más elevado de las facultades humanas. Aunque Haeckel rechazaba la inmortalidad del alma, el libre albredío y la existencia de una deidad personal, no rechazaba, según alegaba él, a la religión *per se.* Su "religión monista" junto con su "iglesia monista" era, decía él, un monismo que enlazaba la religión con la ciencia,. pero liberada de las supersticiones caducas y estériles de las religiones de las iglesias tradicionales.

En la obra de Haeckel *Der Monismus als Band Zwischen Religion und Wissenschaft,* de 1892, leemos que la consecuencia general más importante de la conquista espiritual de la ciencia moderna corresponde a la ley de la sustancia (Substanz-Gesetz), y que ésta ha de designarse como el primer párrafo de la "religión monista de la razón"

(esto es, *die monistische Vernunftsreligion*). En un ensayo notable[19] de 1895, Haeckel escribió en relación con esta ley:

Esta ley fundamental suprema del cosmos, en realidad consiste en dos leyes íntimamente ligadas entre sí: la "ley de la conservación de la materia", que debemos al gran químico francés Lavoisier, y la "ley de la conservación de la energía", cuyo establecimiento comparten dos héroes intelectuales alemanes: Roberto Mayer, del sur; y Hermann Helmholtz, del norte. Así como "materia y energía" se combinan inseparablemente en todo, así también estas dos "leyes de conservación" fundamentales penden juntas dentro de una ley de la sustancia. Para la religión de la razón de la ciencia de la actualidad, esta ley de la sustancia es su piedra angular, tan inamovible como lo es el dogma de la "infalibilidad del Papa" para la iglesia católica de nuestros días: "la más grosera bofetada en la cara de la razón".[20]

Haeckel ridiculiza a los dolientes de Helmholtz. Y así no se comportaron mejor que quienes lloraron a Darwin, trece años antes, en el panteón de la abadía de Westminster. Haeckel pregunta si los respetabilísimos caballeros que escucharon el doblar de las campanas de las iglesias de Berlín por Helmholtz se percataron de que estaban honrando la memoria de "un librepensador que, a sus ojos, debiera haber sido un revolucionario, sarnoso, hereje de primer orden". ¿Acaso no sabía alguno de ellos que la mayor contribución de Helmholtz, la "ley de la sustancia" era el párrafo número uno de la "religión monista" y que dicha ley rige inseparablemente unida a la infamante teoría "materialista" de la evolución, de Darwin?

VI

En Edward L. Youmans, el autodidacta norteamericano promotor de la educación en la ciencia, tenemos un ardiente apóstol de la evolución y un devoto partidario de la filosofía de Spencer. La influencia de Youmans sobre el pensamiento científico norteamericano, dentro de su papel como conferenciante popular y como editor de la publicación *International Scientific Series,* fue verdaderamente imponente. Esta *Series,* que todavía sigue y que publicó más de cincuenta volúmenes mientras él vivió, incluyó obras de Liebig, Helmholtz, Darwin y Huxley. Spencer, al parecer, nunca entregó el manuscrito que había prometido. Youmans, que se movía en el círculo de William H. Appleton, Horace Greely y Walt Whitman, logró también el establecimiento de la publicación *Popular Scientific Monthly.*

La compilación de ensayos de Youmans en *The Correlation and Conservation of Forces* (La Correlación y la Conservación de las Fuerzas), de 1865, se publicó con el propósito de demostrar que las investigaciones científicas pasaban de cuestiones relativas a la materia a cuestiones que se referían a la fuerza.

Se ha demostrado que un principio puro forma la base no material del universo. De la materialidad más grosera, al fin nos elevamos hasta una verdad del mundo espiritual, de un orden tan exaltado que se ha dicho que "enlaza la mente del hombre con el espíritu de Dios".[21]

Youmans consideraba que la ley de conservación de la 'fuerza" había puesto al descubierto:

Una región que promete posesiones más ricas que cualesquiera de las hasta ahora otorgadas al intelecto del hombre... [habiendo] llevado sus indagaciones a la región más elevada de la vida, la mente, la sociedad, la historia y la educación.

Youmans pensaba que la iniciación del "trascendental acontecimiento de progreso intelectual" merced al "establecimiento de una nueva filosofía de fuerzas", había de provocar una unidad dinámica, maravillosa, perfectamente correlacionada de todo el sistema viviente. La lista de fuerzas interconvertibles incluidas era: mecánica, térmica, luminosa, eléctrica y química, nutrición orgánica, fuerza muscular, de la sanción, nerviosa, mental, volitiva, cerebral, emocional e intelectual. Youmans escribió:

Y así las impresiones que se dan de un momento a otro en todos nuestros órganos sensoriales están directamente correlacionados con la fuerza física externa. Dicha correlación, a mayor abundamiento, es tanto cuantitativa como cualitativa... Entre las emociones y los actos corporales también están directamente correlacionadas con las actividades físicas la correlación y la equivalencia. Así como en el mundo inorgánico nada sabemos de las fuerzas excepto por lo que de ellas se exhibe en la materia, en el dominio intelectual, más elevado, nada sabemos de la fuerza de la mente excepto por sus manifestaciones materiales.[22]

Youmans hizo extensiva la noción de fuerza hasta incluir igualmente la sociedad y la economía social.

Puesto que la ley de correlación es así aplicable a la energía humana como lo es asimismo a las fuerzas de la naturaleza, debe necesariamente también aplicarse a la sociedad, en cuyo ámbito constantemente atestiguamos la conversión de fuerzas en escala comprehensiva.

Puesto que, de acuerdo con el punto de vista de la dinámica, hay una analogía estricta entre:

la economía del individuo y la social, la misma ley de fuerza rige el desarrollo de ambas... La cantidad de energía... está limi-

tada, y cuando se la consume para un propósito es obvio que no se puede contar con ella para otro... Así ocurre igualmente con el organismo social, pues que sus fuerzas son limitadas, sólo hay una cantidad definida de energía por consumirse en las varias actividades sociales.

Pero la ley de la fuerza tiene todavía rumbos más altos: la historia, las condiciones de la humanidad, el progreso de la civilización y el orden de la sociedad en términos de la cantidad definida de moral, justicia y libertad con que se cuenta. El progreso social depende así del equilibrio de estas relaciones constantemente cambiantes entre la cantidad fija de estas fuerzas presentes, exactamente igual que el crecimiento particular de un organismo depende del equilibrio de las fuerzas fisiológicas, intelectuales y pasionales presentes. "Así ocurre también con la sociedad; la acción medida de sus fuerzas da lugar a que surja una cantidad fija de moralidad y libertad en cada época, pero esa cantidad crece en consonancia con la evolución social".[23]

Y ¿cuál es el lugar de Dios en este exuberante peán a la conservación de la energía? El futuro de la ciencia pone al descubierto la Causa de todo, digna de adoración, infinita, misteriosa.

Y si estas realidades superiores nada son sino tenues y vacilantes vislumbres que la ciencia ha obtenido en la débil aurora del descubrimiento, ¿cuáles han de ser las glorias del porvenir? Si en realidad apenas son "guijas" recogidas de las playas del gran océano de la verdad, ¿cuáles son los misterios todavía ocultos en el seno de lo inexplorado enorme? ¿Y cuánto es lo que trasciende toda dimensión del pensamiento aquella Causa desconocida e infinita a la cual se vuelve eternamente el espíritu, en acto de adoración solemne y misteriosa? [24]

Bien pudiéramos nosotros sugerir una inscripción apropiada para un templo del culto youmansiano que ligue "la mente del hombre con el Espíritu de Dios": Que no entre aquí quien ignore el principio de conservación de la energía.

George Frederick Barker, otro científico norteamericano que en alguna ocasión fue profesor de química, geología, química fisiológica, toxicología y física en el Colegio Wheaton, del estado de Illinois, en Yale y en la Universidad de Pensilvania, así como presidente de la *Association for the Advancement of Science* (Sociedad Norteamericana para el Progreso de la Ciencia), de la *American Chemical Society* (Sociedad Química Norteamericana), etc., aceptó, sin reserva alguna, la filosofía de la correlación entre la fuerza física y la vital, y luego se las ingenió en alguna forma para tergiversarlo todo para la gloria de Dios. Barker escribió:

Gustosamente creería que vemos ahora con mayor claridad las bellas armonías de natura generosa; que en su instrumento de innumerables cuerdas, la fuerza responde a la fuerza, como las notas de una gran sinfonía, desapareciendo ya en energía potencial y reapareciendo a poco como energía cinética, según una multitud de formas. Es de esperar que esta maravillosa unidad y mutua interacción de la fuerza en las formas muertas de la naturaleza inorgánica os parezcan idénticas a las que se dan en las formas animadas de la vida animal y vegetal que hacen de nuestra tierra un edén... ...Pero aquí la gran interrogante nos arrolla. ¿Es tan sólo esto?... ¿No hay realmente porción separable de este tejido cerebral, aunque esté sin embargo misteriosamente unida a él? En una palabra, ¿encierra acaso este cuerpo curiosamente formado un alma, por Dios otorgada y que a Dios retorne? Es aquí donde la ciencia baja un velo sobre su cara y se inclina reverente ante el Todopoderoso. Hemos transpuesto los linderos en los que se encierra la ciencia física. No hay crisol, no hay sutil aguja imantada que pueda ahora responder a nuestras preguntas. No hay palabra sino la Suya, la de Aquél que nos formó, que pueda romper el majestuoso y abrumador silencio. En presencia de tal revelación, la ciencia enmudece e interviene la fe para aceptar gozosamente aquella verdad elevada que jamás puede ser objeto de demostración física.[25]

VII

El famoso fisicoquímico alemán Wilhelm Ostwald elaboró y expuso en veintenas de libros, folletos y sermones una forma de explotación no sistemática, no teísta, monista y humanitaria de la filosofía de la energía como pauta para la vida. En 1913, como presidente de la Confederación Alemana de Monistas, Ostwald dio una conferencia en Viena que merece nuestra atención.[26] Dicha conferencia demuestra admirablemente las opiniones antirreligiosas de Ostwald, con especial referencia a la termodinámica. Más o menos al mismo tiempo, Paul Carus, editor en Chicago de *Open Court* y *The Monist*, Augusto Wroblewski, en Cracovia, y Svante Arrhenius, en Estocolmo, expusieron puntos de vista similares.

En pocas palabras, Ostwald caracteriza en dicho ensayo su tipo de monismo, como una doctrina

que excluye toda teneduría de libros por partida doble, lo cual remueve todas las barreras hasta ahora consideradas como insuperables entre la vida interior y la externa, entre la vida del presente y la del futuro, entre la existencia del cuerpo y la del alma, y la cual comprende todas estas cosas en una sola unidad que se extiende por doquier y que nada deja fuera de su alcance.[27]

Durante todo el pasado del hombre, desde la aparición de las doctrinas presocráticas y griegas relativas al elemento básico de que está formado el universo, discernimos, afirma Ostwald, el intento del hom-

bre pugnando por una representación unitaria, monista, del mundo. Así, la historia de la filosofía está salpicada de sistemas monistas que se han desechado, incluso uno que también Ostwald rechaza, a saber, el mismo de un solo Dios supremo. El argumento de Ostwald es que un mundo unificado autocongruente es inalcanzable por intermedio de cualquier monismo *a priori*. Dicho argumento incluye al monismo de la energía como un principio. El único monismo que Ostwald ha de aceptar es un monismo a *posteriori* "que proceda a partir de la diversidad del mundo como se arranca a partir de los datos que ofrece la experiencia". En tal guisa, un monismo *a posteriori* como el ideal futuro de unidad, es la ciencia. Es un monismo del pensamiento y del método científicos.[28]

El programa de Ostwald para el monismo científico descansa en la terminación de un proceso que él considera está ya bien avanzado, a saber, la abolición de la barrera o línea divisoria que separa los ámbitos de la ciencia y de la religión. Esta barrera, extremadamente móvil, nos indica Ostwald, se desplaza invariablemente en la dirección que lleva al alargamiento y la expansión del ámbito de la ciencia a costa del ámbito de la religión el que, de tal modo, se hace cada vez más estrecho, hasta quedar reducido a casi nada y verse forzado a la rendición. Es precisamente así como los experimentos de Gustav Fechner, en opinión de Ostwald, han reducido la doctrina teológica del alma a una mera cuestión de medición y registro. "En vano, por tanto —nos dice él— habrán de explicar todavía en nuestros días los teólogos modernos que no importa cuán lejos llegue la ciencia, hay un punto que no puede alcanzar: el de la experiencia religiosa". La respuesta de Ostwald es: Ved y examinad el trabajo de ese "psicólogo que encuentra sendas", William James, a la sazón en la universidad de Harvard. La pugna de los sacerdotes en contra de la ciencia se convierte, en consecuencia, en algo que "siempre nos permite discernir el avance incesante e irresistible de la ciencia en ramas que hasta ahora fueron dominio de la religión".[29]

Como "muestra del monismo práctico" que el hombre debiera apoyar, Ostwald menciona "el flujo irresistible hacia la organización internacional de los asuntos humanos". ¿Y qué es lo que ha hecho esto posible? Respuesta: El movimiento hacia la gran unidad en todos los órdenes de la ciencia. ¿Desde cuándo? Desde el momento en que se introdujo y utilizó en la ciencia el principio de conservación de la energía.

Ésta es la doctrina de Ostwald llamada del "imperativo energético":

> *Debe haber evidentemente un momento imperativo y decisivo en la existencia del pensamiento que dé al principio de unidad... un impulso tan grande que la tendencia toda de la evolución intelectual humana se rinda ante su asimiento.*

Este movimiento "de la diversidad a la unidad, en especial, de los muchos dualismos al monismo único" está, para Ostwald, simbolizado por el "postulado de la economía de la energía".[30] De esta manera, Ostwald pasa del monismo científico al principio de conservación de la energía como el gran principio unificador de la ciencia y, finalmente, a un energeticismo como pauta para los asuntos prácticos del hombre dentro de la sociedad.

Por tanto, "bien sabemos que todos vivimos gracias a la energía libre que fluye del Sol a la Tierra como avenida amplia y poderosa". Nuestro imperativo energético debe ser confesadamente:

> *No desperdiciéis la energía; aprovechadla toda... Aquí, por lo tanto, tenemos un monismo genuino y de grandes alcances,*

que va desde

> *el oficio técnico más simple —sí, desde los diarios actos de nuestra vida semianimal— hasta los problemas más elevados sociológicos y éticos.*

Ostwald escribió:

> *Toda la evolución de la cultura que nos ha llevado desde el invento de la honda para lanzar piedras, la palanca [y] el fuego... hasta un gigantesco barco moderno de vapor... no significa más que una manifestación siempre más refinada y multiforme del imperativo energético. Lo mismo puede decirse de nuestra evolución moral.*

Y así, para Ostwald, toda la calidad profética de la ciencia depende de la gran unidad sintética del gasto por parte del hombre de la energía de que dispone.

> *En consecuencia, en el presente, la tarea principal del pensamiento y el trabajo científico o monista es, manifiestamente, liberar a la ciencia final de la sucesión de ciencias, la sociología, de la hasta ahora persistente influencia del sacerdocio, así como establecer, en lugar de la ética tradicional que depende de la revelación, una ética científica racional sustentada en hechos...*[31]
>
> *Al proceder sobre esta senda del pensamiento, hemos llegado a percatarnos de que los valores más nobles de la cristiandad, la bondad y el amor al prójimo, no representan aún el ideal ético más elevado que la humanidad pueda alcanzar. El monismo induce mucho más a percibir el hecho de que el individuo es cada vez más una mera célula dentro del organismo colectivo de la humanidad. En consecuencia, la evolución de la bondad y el amor, la del espíritu de sacrificio y la de devoción hacia el gran todo de la humanidad, se convierte más y más en petición perentoria del imperativo energético y, por ende, en una exigencia inmanente de nues-*

tra vida total monísticamente ordenada. Sólo a través del hecho de que hemos llegado a percibir la bondad y el amor como una necesidad para la vida de la comunidad, para la organización social de la humanidad, el individuo ha ganado también el fundamento único, seguro e inmutable.

El que practiquemos la bondad y el amor mutuos no es ya exigencia de un Dios que esté fuera de nosotros y que de una sola vez y para siempre nos la ha transmitido por medio de una revelación indemostrable, sino que es una exigencia de la inteligencia científica. A un grupo así, por supuesto, solamente podrán pertenecer aquellos que se consagren al monismo sin reservas y sin que en ellos queden remanentes del pensamiento y sentimiento dualistas. Al ampliarse y ahondarse dicha inteligencia, vemos llegar al siglo monista, que no será el único de su tipo, pero que sí inaugurará una época nueva para la humanidad, del mismo modo que, hace dos mil años, la prédica del amor general a la humanidad dio principio a una era.[32]

VIII

Durante el siglo XIX se examinó el significado de la ley de la conservación de la energía en el contexto de cuestiones teológicas relativas principalmente al modo de la presencia y de la actuación de Dios en el mundo. Comúnmente se invocaba dicha ley en apoyo del argumento en pro de la existencia de una Divinidad que había ordenado el mundo con previsión, sabiduría y economía de acción perfectas. Así pues, la materia (materia prima del mundo) y la energía (acción y principio dentro de la naturaleza de las cosas), se aceptaron como cantidades conservadas, integrándoselas dentro de un sistema que trabaja sin pérdidas globales de materia y energía. El argumento en pro de un mundo de ley, orden y permanencia independiente del tiempo, servía así muy bien a la teología mientras no se viera que las leyes de la ciencia tuvieran un éxito tan completo en su relación de la naturaleza de las cosas como para hacer ver a Dios como un mero terrateniente benévolo y ausente.

La filosofía del mecanicismo, que se basa en la reducción de los fenómenos a materia y movimiento, había sido fuente de seria amenaza para el teísmo desde fines del siglo XVII. En realidad, el deísmo era el trato que la religión había estado dispuesta a realizar con el mecanicismo. Si Dios no estaba directamente involucrado en las obras de la naturaleza, todavía era factible no obstante, echar mano de la creencia de que él había creado todo en primera instancia. Desgraciadamente para el cristianismo, el argumento que parte de un plan, con Dios como mecánico divino, era algo bastante distinto del Dios de la Biblia.

Dados los logros al parecer ilimitados de la termodinámica del siglo XIX en la explicación de los misterios lo mismo del proceso inanimado que del animado en la naturaleza, el concepto de la energía, como sucedió con la filosofía mecanicista, se convirtió en una amenaza para los renuentes en relegar la descripción y resolución del funcionamiento de la naturaleza, hasta en los más pequeños detalles, al científico. Así, la termodinámica, con su jurisdicción analítica sobre conversiones y nuevas distribuciones de la energía sin pérdidas ni intervención divina, resultaba no menos tiránica que lo había sido el mecanismo. Los partidarios del energeticismo, como Ostwald, eran positivamente una fulminación para todo aquello que la religión tradicional había sostenido durante siglos. Aparte del energeticismo ostwaldiano, monista y ateísta, algunas interpretaciones del concepto de la energía se consideraban como lesivas para cuestiones relativas a la posibilidad de los milagros, la constitución del libre albedrío, la creación e inmaterialidad del alma humana y el problema de la muerte y la inmortalidad. Sobre este tema, más o menos a fines del siglo pasado, nace una literatura inmensamente fogosa, de la que habremos de examinar brevemente algunos fragmentos.

Del grupo tomista o escolástico de estudios filosóficos, que el papa León XIII impulsó tanto durante la década de 1880 en la Universidad de Lovaina provino una declaración teológica, sistemática, sobre el problema de la energía. La entonces recién creada cátedra especial de la filosofía neoescolástica recayó primeramente en el cardenal belga Désire Joseph Mercier. Son las obras del cardenal Mercier y su escuela filosófica las que habrán de importarnos aquí.[33]

Podemos muy bien, en amplio esbozo, ilustrar el enfoque que se dio a a la interacción entre termodinámica y teología en la obra de estos neoescolásticos, con sólo mencionar las críticas que se enderezaron en contra de ciertas formulaciones históricas del principio de conservación de la energía. Por ejemplo, Helmholtz, en su ensayo de 1862 sobre la conservación de la energía, había afirmado que "la cantidad de todas las fuerzas que pueden ponerse en acción en toda la naturaleza es inalterable y no puede incrementarse ni disminuirse".[34] Ahora bien, las interrogantes que se pueden plantear en relación con una declaración así de amplia son: ¿Hasta dónde llega el concepto de energía por lo que hace a los procesos vitales de la existencia, las células nerviosas motoras o sensoriales del cerebro, los problemas de la volición, de la conciencia, de la índole del alma humana, la relación del alma con el cuerpo, las cuestiones relativas a la libertad moral y la intervención divina en forma de milagros? El cardenal Mercier habría de sostener, por ejemplo, que la aseveración de Helmholtz constituye un salto peligroso de la ciencia positiva a una metafísica en alto grado especulativa, y que dicha aseveración está más allá de la posibilidad de prueba experimental.

Aunque bien puede ser válido el principio de conservación de la energía para muchos sistemas, los neotomistas niegan que se haya demostrado satisfactoriamente para el caso de los sistemas fisiológicos y psicofísicos, para la esfera de la conciencia, para la mente humana y para la ley ética. La doctrina de Spencer es errónea, porque con-

vierte la "persistencia de la fuerza" en un absoluto. Las opiniones de Ostwald son falsas, por desechar la materia y por definir de tal manera a la "energía" que ésta toma el lugar de la "sustancia" en todos los procesos de cambio convirtiéndose por ende la materia en mera capacidad para la acción de la energía.

¿Qué hay sobre la conservación de la energía en relación con el alma humana? ¿Pueden el alma o la mente iniciar o modificar a la naturaleza merced a las transformaciones que resulten de la materia y la energía en el mundo? La respuesta neotomista a esta pregunta tiene que ser afirmativa. Los pensamientos, sentimientos y actos volitivos de los hombres deben tener alguna influencia sobre los acontecimientos físicos. El alma debe ser capaz de actuar sobre la materia, pues de otra manera no puede haber libre albedrío.

La siguiente pregunta es: *¿De qué manera* puede el alma actuar sobre la materia? ¿Acaso por medio de formas particulares de la energía que sean interconvertibles con otras formas de la energía? La contestación es *negativa,* pues de otra manera se reduce el alma a una forma de la energía o a un mecanismo. Por lo tanto, el alma no puede actuar sobre la materia por intermedio de ninguna energía directriz o guía, ni siquiera por intermedio de un movimiento microscópico análogo al apretar de un gatillo. Las brechas entre el orden del alma y el de la materia son intelectualmente infranqueables.

Sólo es posible una respuesta sintética para el mecanismo de la influencia del alma sobre los acontecimientos físicos. La respuesta requiere información científica e interpretación religiosa, y la clave se da en la filosofía de Aristóteles y de Santo Tomás. Es así como el cardenal Mercier da nueva vida a la distinción escolástica entre materia y forma, no obstante que materia y forma no pueden existir sino en conjunción. El "principio informador de la sustancia" y la "sustancia" misma se incorporan en las existencias específicas que participan de la naturaleza de las cosas.

Maher escribió:

La función... de este principio informador activo es de una índole unificadora, conservadora, restringente, que retiene, pudiera decirse, y sostiene las energías potenciales del organismo en su condición inestable. De esta opinión de la relación del alma con los elementos constituyentes materiales del cuerpo, se seguiría que la transformación de las energías potenciales del organismo vivo va acompañada, en los procesos vitales, no por algo que se parezca a la presión física positiva, sino a algún tipo de acto liberador. Bastaría en este caso, simplemente, con aflojar, con "soltar", para que cesara el acto de restricción y para que por ello las formas inestables de energía liberadas adoptaran otras configuraciones. En un saco de gas o de líquido, por ejemplo, la membrana envolvente determina que el contenido adopte una configuración particular y lo conserva en un espacio particular. De manera un tanto análoga, dentro de la teoría escolástica, el alma, como "forma", determina la índole cualitativa del material con el cual se integra al tiempo que conserva la naturaleza específica del ser viviente.[35]

La teoría elude así el dualismo de cuerpo y alma. Cuerpo y alma actúan como un coprincipio, sin que ninguno de ellos quede fuera del otro. La influencia directriz del alma no depende de que algo exterior a la materia actúe sobre ella. "El alma está *dentro* del cuerpo que anima y en todas y cada una de sus partes".[36]

El alegato de la doctrina neotomista en pro de restringir el principio de conservación de la energía a asertos que no puedan ir más allá de la demostración experimental (que, por tanto, no pueden extenderse dentro del dominio del alma humana sin reducirla a materia o energía) descansa sobre la elaboración de una filosofía sintética que pone al descubierto la posibilidad de que el alma actúe sobre la materia. Consiguientemente esta solución también resuelve por implicación algunos problemas que de otra manera quedarían sin poderse contestar, como son los que se refieren a la libertad del albedrío, la *creación* del alma humana y la *partida* del alma inmortal. Ni *creación* ni *partida* son mera colocación de materia y energía. La filosofía tomista, por tanto, desempeña una importante función sintetizadora cuando se trata de suministrar la interpretación significativa del concepto de la energía. Por otro lado, los tomistas insisten en que, el dar significado a las explicaciones sintéticas, presupone un conocimiento completo de los detalles suministrados por cada una de las ciencias particulares.

Mencionaré únicamente el hecho de que varios filósofos proscribieron la interpretación tomista del concepto de la energía por razones religiosas, antirreligiosas, monistas, materialistas, energéticas, materioenergéticas, científicas y pseudocientíficas. Una de las críticas más completas, por ejemplo, provino del filósofo Konstantin Gutberlet a quien preocupaban mucho las pruebas teológicas de la existencia de Dios. En 1885, escribió una obra intitulada *Das Gesetz von der Erhaltung der Kraft und seine Beziehung zur Metaphysik.* En dicha obra intentó dar apoyo a la forma sustancial de la noción de la energía con argumentos físicos modernos.

Sir Oliver Lodge, que había hablado por cuenta de la ortodoxia cristiana en contra de la ley de la sustancia de Haeckel (conservación de materia y energía, conjuntamente) expresó también una opinión que difería de la de los tomistas. Lodge consideraba que materia y éter eran cosas sustanciales, las únicas realidades fundamentales conocidas para la ciencia física.

La energía o la fuerza, como el movimiento, eran meras expresiones abstractas y la vida no era energía sino el elemento director de la energía y la materia. La fuerza vital era un desatino. No obstante lo anterior, Lodge creía que la acción de la vida sobre la materia era análoga a la acción del gatillo que libera grandes cantidades de energía.

Así, puesto que la liberación de la energía puede ir acompañada de trabajo totalmente desproporcionado con respecto al resultado, tal parece que en última instancia puede alcanzarse sin "trabajo" alguno: a través de la misteriosa intervención del cerebro como enlace entre el mundo psíquico y el físico que, de otra manera, no entrarían en contacto.[37]

Los tomistas rechazaron categóricamente tal opinión, como un ejemplo del alma que actúa sobre el cuerpo por medios mecanicistas o energéticos.

IX

Los temas teológicos a que dio lugar la segunda ley de termodinámica fueron de índole diferente. Si el principio del incremento de la entropía de cualquier sistema operante se hace extensivo al mundo o al universo, considerado como un sistema, entonces se llega a la conclusión de que el universo se mueve hacia un estado de probabilidad máxima, una configuración del máximo azar, una condición de mínima disponibilidad de energía, etc. Este proceso irreversible, este movimiento en una sola dirección, y en un mismo sentido hacia la desorganización (el vector tiempo), conduce a una degradación de las fuentes de energía y, en última instancia, a aquel estado pesimista de cosas, a aquel aburrimiento o Nirvana, que se ha bautizado con el nombre de "muerte térmica" del universo. En consecuencia, la termodinámica predice un fin para todo, en función del tiempo.

Una teoría así, que inyectaba en la mente de los hombres la idea de la consumación del mundo como una majestuosa disteleología, tenía fatalmente que abrir las compuertas al alud de comentarios por parte de la religión. Finales y principios, el fin de la creación y el origen de la creación, son cuestiones estas que difícilmente podían soslayar los teólogos, pero, ¿qué es lo que llega a un fin? Y qué constituye una iniciación o una creación? Ni siquiera podría empezar a revisar la multitud de respuestas dadas a tales preguntas.

Como representativa de las críticas de los usos teológicos del principio de la entropía, sugiero la correspondencia controvertiva publicada, que se cruzó durante 1933-1934 entre Arnold Lunn y J. B. S. Haldane.[38] Lunn fue un novelista nacido en Madras, que se convirtió al catolicismo durante el curso de su correspondencia con el evolucionista Haldane, que era entonces profesor de genética en el Colegio de la Universidad de Londres.

En sus discusiones sobre "pruebas de la existencia de Dios", Haldane escoge como blanco de sus críticas la primera demostración de Santo Tomás en la *Summa Theologica,* a saber, el argumento relativo al móvil inmutable. La filosofía de Santo Tomás, concluye, se basa en una ciencia anticuada y en matemáticas defectuosas, sea cual fuere el significado de eso. Luego entonces ¿qué hay del moderno argumento (que se basa en consideraciones sobre la segunda ley de la termodinámica) que pretende demostrar que no puede el mundo haber existido desde siempre y que, por ende, plantea la interrogante en el sentido de si la segunda ley suministra un sano apoyo nuevo para la teoría de la primera causa de Santo Tomás o sea la del móvil inmutable?

Haldane encuentra que no es válida la segunda ley, por varias razones "físicas" que no habremos de reconstruir aquí, excepto en miniatura. El universo puede muy bien ser espacialmente infinito, de manera que así falla el argumento en pro de los sistemas finitos. Aun si fuera finito, el universo bien puede fluctuar en uno y otro sentido entre entropías crecientes y decrecientes, que correspondan a la disipación y *también* a la acumulación de la energía disponible. O bien, en un universo cuyo espacio se expandiera, algunos acontecimientos al parecer irreversibles (como la radiación del calor hacia cuerpos fríos) tendrían un sentido invertido dentro de un universo cuyo espacio se contrajera, y así sucesivamente.[39] Todas estas alternativas físicamente factibles, observamos, excluyen el universo de muerte térmica, y puesto que tampoco sirven de apoyo a *procesos* o *principios* y *creaciones,* de ahí se sigue, afirma Haldane, por implicación, que la prueba de Dios como causa primera o como móvil inmutable queda destruída.

La reacción de Lunn para el argumento en pro de Dios a partir de consideraciones de la entropía, concordaba en lo sustancial con la crítica de Haldane, pero por razones diferentes. He aquí la respuesta de Lunn:

Me gustaría saber la respuesta de Sir James Jeans... Tengo cierta renuencia a enganchar el carretón de la fe a la estrella fugaz de la moda científica, puesto que no tenemos la certeza de que algún día la relatividad, la teoría cuántica y la entropía no habrán de reunirse con sus antecesores en el limbo de las modas científicas descartadas.[40]

Así pues, a Haldane para nada le importaba la religión sobrenatural, mientras que para Lunn nada tenía importancia excepto la religión racionalista que él empleaba para defender los milagros y lo sobrenatural, así como para combatir el naturalismo, el materialismo, la evolución, el marxismo y el protestantismo. Ambos, al parecer, convenían en la impertinencia de las consideraciones de la entropía con respecto a la demostración de la existencia de Dios. Haldane porque no podía sinceramente creer en Dios; Lunn porque no quería que su fe en Dios se ligara a las modas perennemente obsoletas de la ciencia.[41]

Compárese lo anterior con el punto de vista de Eddington. Por un lado, repudiaba "la idea de demostrar las creencias características de la religión ya fuera a partir de los datos de la ciencia física o por los métodos de la física".[42] La índole de la convicción de Eddington

de la cual surge la religión, aunque no se basa en un rechazo del razonamiento (del tipo por el cual abogaba Lunn) descansa no obstante sobre la creencia de que los datos esenciales de todo razonamiento se dan merced a un proceso ajeno al mismo. De acuerdo con Eddington, dicho proceso se fundamenta en un estado de autoconocimiento o de un percatarse de lo que está dado en la conciencia. Para Eddington, tal acto es por lo menos tan importante como lo que está dado en toda sensación.

Por otro lado, no tenía Eddington una opinión tan mala del principio de la entropía como la que tenía Lunn. En su análisis de la relación entre la entropía y las coincidencias fortuitas y los elementos al azar, Eddington escribió:

> *La entropía crece continuamente. Podemos, al aislar partes del mundo y merced a la postulación de condiciones bastante ideales en nuestros problemas, detener el incremento, pero no podemos tornarlo en decremento. Eso involucraría algo mucho peor que una violación de una ley ordinaria de la naturaleza, a saber, una coincidencia improbable. La ley de que la entropía siempre crece —la segunda ley de la termodinámica— tiene, creo yo, la posición suprema entre las leyes de la naturaleza. Si alguien os señalara que vuestra teoría consentida del universo está en desacuerdo con las ecuaciones de Maxwell, tanto peor entonces para las ecuaciones de Maxwell. Si se descubre que la observación la contradice... bueno, a veces estos experimentalistas chapucean las cosas; pero, si se descubre que vuestra teoría va contra la segunda ley de la termodinámica, entonces no puedo daros esperanza alguna; nada le queda sino derrumbarse y caer en la humillación más profunda. Esta exaltación de la segunda ley no es desrazonable...; la probabilidad en contra de que se rompa la segunda ley (esto es, en contra de un decremento del elemento al azar) puede expresarse en cifras que son abrumadoras.*[43]

Todavía un enfoque más al problema de la segunda ley, radicalmente diferente del de Haldane, Lunn o Eddington, fue el del neoplatónico cristiano archirreaccionario, el deán de la iglesia de San Pablo en Londres. El muy reverendo William Ralph Inge era un místico cristiano, escritor prolífico de considerable influencia, para quien el mito del progreso y la evolución eran anatema. Estaba tan igualmente convencido de que el error fatal de la teología católica había sido encontrar una cimentación racionalista para la fe como Lunn lo estaba de que Martín Lutero era el padre de la rebelión moderna en contra de la razón.[44] En su *God and the Astronomers* (Dios y los Astrónomos) Inge se propuso demostrar que cualquier filósofo o teólogo que deseara escribir sobre cosmología ("la relación entre Dios y el Universo") necesariamente tendría que estar versado en astronomía y física modernas. La investigación en estos campos,

argüía él, no podía ya hacerse a un lado como impertinente para la metafísica o para la teología.

"La ciencia y la filosofía —escribió Inge— no pueden mantenerse en compartimientos aislados".[45]

> *Dios se revela ante nuestra generación principalmente por intermedio del libro de la naturaleza... Este conocimiento nos fue otorgado con un propósito... Se ha llamado a la ciencia... el purgatorio de la religión. El estudio de la naturaleza... purifica nuestras ideas sobre Dios y la realidad. Nos hace avergonzarnos de nuestras interpretaciones mezquinas del mundo: avergonzarnos de pensar que se hizo el universo tan sólo para nuestro beneficio.*

Es así como Inge nos apunta que "el hombre de ciencia rinde culto a un dios más grande que el del feligrés común y corriente".[46]

En esencia, el deán Inge caucionaba a los teólogos para que no hicieran caso omiso de los científicos. Lo que los científicos hacen, decía, es directamente pertinente para las doctrinas teológicas. Por ejemplo, el significado religioso y filosófico de la segunda ley de la termodinámica —ese nuevo "Götterdämmerung", como lo llama Spengler— tiene algo que decir sobre el destino del mundo en última instancia.[47]

Inge arguye que si se le acaba la cuerda al universo, como sucede con un reloj, preciso es que se le haya dado cuerda en un momento específico. Si la segunda ley predice un fin en el tiempo para el mundo, entonces el mundo debe haber tenido un principio en el tiempo. Así pues, "¿acaso nos empuja la ciencia misma para que retornemos a la doctrina cristiana tradicional que nos dice que Dios creó el mundo de la nada?" [48]

Si la segunda ley lleva a la perdición, nos está diciendo Inge, es preciso entonces que el hombre así lo acepte, pues es ésta, después de todo, una idea muy cristiana. La creencia de que la especie humana haya de heredar la tierra no es la doctrina de la Biblia. La Biblia no predice un progreso temporal sin fin ni un dios que evolucione, sino antes bien la esperanza bendita de una vida eterna. Cito a continuación las palabras del "deán sombrío":

> *La filosofía moderna* [*en la que el tiempo mismo es un valor absoluto y el progreso un principio cósmico*] *se ha destrozado al estrellarse, tal como yo lo sostengo, contra la Segunda Ley de la Termodinámica; no es de extrañar, entonces, que la situación sea intolerable para la filosofía ni que ésta se retuerza lastimosamente para eludir sus faenas.*[49]

Ve también el deán Inge que la segunda ley se contrapone a la teoría de la evolución porque, puesto que el universo se mueve hacia el equilibrio térmico —su muerte térmica— tanto la evolución biológica como la idea del progresos son ilusiones. En verdad que la

especie a la que pertenecemos no tiene aquí en la Tierra "un ámbito imperecedero" y, por ende, debemos "elevarnos con el corazón y la mente" hasta "nuestra ciudadanía. en el paraíso".[50]

La significación teológica del punto de vista de las cosas que presupone el "fin de la historia del hombre" dio lugar a una multitud de interrogantes que mantuvieron ocupada la atención de los eruditos religiosos durante décadas enteras. ¿Era congruente con la bondad de Dios el aniquilar la creación por medio de la muerte térmica? ¿Qué significado puede entonces adscribirse a cualesquiera valores —en la mente de Dios— cuando la historia del hombre sobre la Tierra quedara terminada? ¿Para quién y de qué manera habrían de preservarse y manifestarse estos valores? Dadas las circunstancias de ninguna otra existencia en el mundo, aparte de la materia bruta inerte, ¿habría de residir la existencia real únicamente en Dios? Si así fuera, ¿de qué manera podrían ejercerse la voluntad y el propósito de Dios? ¿Sobre qué, de haber algo, podría Dios entonces poner en juego sus poderes creadores, a manera de vehículo apropiado para que se hiciera su voluntad?

Si la creación es uno de los símbolos del creador, ¿cómo es entonces posible que una eternidad de pesimismo y perdición pueda darnos una imagen apropiada de la creación? ¿Tiene "Dios", en realidad, algún significado en un universo que no constituye morada para la vida consciente? ¿Y para qué habría Dios de crear con el fin de destruir?

La segunda ley sería, al parecer, fatal para cualquier punto de vista significativo sobre la relación esencial entre el mundo y los seres inteligentes, excepto, por supuesto, en el seno de un ámbito metafísico como el que nos da el deán de San Pablo, pues podría dar respuestas tales como la que se anota a continuación: Dios no se encuentra limitado a las formas de expresión que encajan en el cuadro del saber humano. Dios puede existir, si así le place, sin el hombre; el mundo no es tan necesario para Dios como Dios lo es para el mundo.

"Como un jardín, bello asiento de placeres, este mundo bien puede ser un fracaso, pero es que nunca existió la intención de que fuera un jardín destinado a los placeres." [51]

X

Finalmente examinaremos lo que el científico, filósofo e historiador Pierre Duhem tenía que decir sobre la relación entre la segunda ley de la termodinámica y la religión. La ocasión para las observaciones de Duhem sobre este tema se dio en 1905,[52] adoptando la forma de una respuesta y a la vez queja a un artículo de Abel Rey.[53] En aquel artículo, al tiempo que examinaba las opiniones de Duhem sobre teorías físicas, Rey había dado a entender que la filosofía científica de Duhem demostraba en esa forma que se trataba de un creyente.

Duhem escribió:

> *Por supuesto que creo con todas las potencias de mi alma en las verdades que Dios nos ha revelado y que nos ha enseñado por intermedio de su Iglesia... En este sentido, cabe afirmar que la física que profeso es la física de un creyente.*

Pero Abel Rey había querido dar a entender mucho más que eso, a saber,

> *que las creencias del cristiano [Duhem] habían guiado de manera más o menos conspicua la crítica del físico [Duhem]; que habían inclinado su razón hacia ciertas conclusiones... [que podrían] parecer sospechosas a las mentes preocupadas con el rigor científico pero ajenas a la filosofía espiritual o al dogma católico; en pocas palabras, que tiene uno que ser creyente, por no mencionar que es perspicaz, con el fin de adoptar en conjunto los principios, así como las consecuencias, de la doctrina que he tratado de formular concerniente a teorías físicas.*[54]

Eso lo niega Duhem. Él es un positivista cristiano y no le importa declararlo así. "La física —escribe— procede con arreglo a un método autónomo absolutamente independiente de cualquier opinión metafísica". Las teorías "no tienen capacidad alguna para penetrar más allá de las enseñanzas de un experimento ni la de conjeturar realidades que se ocultan debajo de aquellos datos susceptibles de observarse por medio de los sentidos". No tienen las teorías más

> *fuerza para delinear el plano de cualquier sistema metafísico [que] el derecho [que] [puedan] tener las doctrinas metafísicas para testificar en pro o en contra de cualquier teoría física. Si el término de todos estos esfuerzos es tan solo un concepto de la física en el que la fe religiosa se postula implícita y casi clandestinamente, entonces confieso que he estado extrañamente equivocado sobre el resultado hacia el cual tendía mi trabajo.*

Antes de admitir una equivocación tal, Duhem se muestra ansioso por fijar su mirada especialmente sobre aquellas partes de su física en las que

> *se haya creído notar el sello de la fe cristiana y reconocer si, en contra... [de su] intención, ha quedado realmente impreso en ellas dicho sello o bien si, por el contrario, no se trata de una ilusión, fácil de disipar, que ha inducido a que se tomen ciertas características que no son propiamente del trabajo, como la marca de un creyente.*

De cualquier manera, "bien pueden ambos, el creyente y el ateo, trabajar de común acuerdo para el progreso de la física".[55]

El sistema físico que Duhem apoya es positivista en sus orígenes y en sus conclusiones. Las teorías físicas no son explicaciones metafísicas, y tampoco son un conjunto de leyes generales cuya *veracidad* se establezca por el experimento y la inducción. Las teorías físicas son construcciones artificiales que relacionan matemáticamente entre sí las ideas abstractas que surgen del experimento. Son "una especie de pintura sinóptica, o bosquejo esquemático, adecuada para resumir y clasificar las leyes de la observación". Así, en cuanto a sus orígenes, las reflexiones sobre el significado y el alcance de las teorías físicas fueron inducidas por preocupaciones en las que no tenían cabida ni la metafísica ni la religión". Por otro lado, "terminaron en conclusiones que nada tenían que ver con las doctrinas metafísicas ni con los dogmas religiosos". Resulta esencial, por tanto, definir "una física teórica a cuyo progreso contribuyan, de común acuerdo, los positivistas y los metafísicos, los materialistas y los espiritualistas, los no creyentes y los cristianos".[56]

En segundo lugar, el sistema físico de Duhem "elimina las pretendidas objeciones de la física a la metafísica espiritual y a la fe católica"; esto es, "niega a la teoría física toda significación metafísica o apologética". En consecuencia —y aquí llegamos a nuestro problema— un principio de la física teórica no puede contradecir ni confirmar una proposición que se formule en religión, simplemente porque "no puede haber discrepancia ni armonía entre una proposición que toca una realidad objetiva y otra que carece de significado objetivo".[57]

La termodinámica como principio de física no es excepción, y lo que sigue es lo que Duhem tiene que decir sobre la segunda ley en tal contexto:

> *A mediados del siglo pasado, Clausius, después de transformar profundamente el principio de Carnot, dedujo de él el siguiente corolario famoso: La entropía del universo tiende hacia un máximo. Apoyándose en este teorema, muchos filósofos sostuvieron la conclusión de la imposibilidad de un mundo en el cual hubieran de producirse cambios físicos y transformaciones químicas para siempre; les complacía creer que dichas alteraciones habían tenido un principio y tendrían un fin; la creación en el tiempo, si no de la materia, sí al menos de su aptitud para el cambio, y el establecimiento, en un futuro más o menos remoto, de un estado de reposo absoluto y de muerte universal, eran para estos pensadores las consecuencias inevitables de los principios de la termodinámica.*[58]

Duhem insinúa que una deducción así está viciada por varias falacias, desde las premisas hasta las conclusiones:

> *Antes que otra cosa, implícitamente supone la asimilación del universo a una colección finita de cuerpos aislados en un espacio absolutamente desprovisto de materia, siendo dicha asimilación la que nos expone a muchas dudas. Una vez que se admite tal asimilación, es totalmente cierto que la entropía del universo tiene que crecer perpetuamente, pero cabe señalar que no impone a dicha entropía límite inferior o superior alguno; de ser así, nada evitaría que esta magnitud variara de —infinito 7 infinito a + infinito 1 infinito mientras que el tiempo mismo variara de— infinito 7 infinito a + infinito 1 infinito; entonces, se desvanecerían las imposibilidades demostradas de una vida eterna para el universo.*[59]

Más importante para Duhem es la objeción que se basa en "la esencia misma de la teoría física", porque

> *habremos de demostrar que es tan absurdo requerir de esta teoría informes sobre acontecimientos que pudieran haber sucedido en un pasado extremadamente remoto como lo es exigirle predicciones sobre acontecimientos que que pertenecen a un futuro muy distante.*

¿Por qué es absurdo? Porque las teorías de física son proposiciones matemáticas para representar los datos del experimento y si sucede que "dos teorías diferentes representan los mismos hechos con el mismo grado de aproximación, [entonces] el método físico considera que ambas tienen absolutamente la misma validez". Queda entonces de tal manera libre el científico para escoger entre las teorías lógicamente equivalentes a partir de consideraciones de "elegancia, simplicidad y conveniencia, así como bases de adecuación que son esencialmente subjetivas, contingentes y variables con el tiempo, las escuelas y las personas".[60]

La termodinámica, en el sistema de Duhem, emplea también teorías arbitrarias que son adecuadas para la tarea concreta inmediata. Las predicciones que arrancan de tales teorías habrán de merecer un cierto grado de confianza, pero su lógica no da derecho a aseverar que únicamente las predicciones nacidas de estas teorías, y no otras, estarán de acuerdo con la realidad. Así pues, con respecto a cualesquiera predicciones a largo plazo, los principios de la termodinámica no son clara y precisamente ciertos.

Duhem afirma:

> *Poseemos una termodinámica que representa muy bien a una multitud de leyes experimentales, y ella nos informa que la entropía de un sistema aislado crece eternamente. Podríamos sin dificultad edificar una nueva termodinámica que representaría, tan bien como lo hace la antigua, las leyes experimentales hasta ahora conocidas, y cuyas predicciones habrían de concordar con las de la antigua termodinámica por un lapso de diez mil años y, sin embargo, bien pudiera esta nueva termodinámica decirnos que, después de crecer la entropía del universo por un período de 100 millones de años, habrá de decrecer por un nuevo período de 100 mi-*

llones de años, con el fin de crecer y decrecer nuevamente en un ciclo eterno.

Por su esencia misma, toda ciencia experimental es incapaz de predecir el fin del mundo, así como de aseverar su actividad perpetua. Sólo una burda interpretación errónea de sus alcances pudo haber reclamado para ella la prueba de un dogma afirmado por nuestra fe.[61]

En conclusión: ¿Qué necesita saber el científico de la metafísica con el fin de dedicarse a la elaboración de la ciencia? Creo que la respuesta de Duhem debe ser *nada.* Y ¿qué necesita el metafísico saber sobre la ciencia si ha de trabajar en la metafísica? La respuesta de Duhem es: "Debe saber el metafísico la teoría de la física, a fin de no caer en el uso ilegítimo de la misma en sus especulaciones".[62]

XI

Hay una gran cantidad de problemas adicionales relativos a la interacción de termodinámica y religión que no se han sondeado aquí. Uno de los más genuinos —al menos a juzgar por el volumen de literatura sobre el tema— se refiere a la cuestión de cómo, en el siglo XIX, tenían que considerarse por la religión y correlacionarse con ella al mismo tiempo, la termodinámica y la teoría de la evolución.

La segunda ley de la termodinámica era conocimiento del dominio científico general, al tiempo que algunos de los entusiastas defensores de la evolución biológica se entregaban a entonar el más jubiloso himno de progreso del siglo. En realidad, la disposición anímica de simpatía a la sazón, para los movimientos tendientes a una mayor perfección, elemento éste que a menudo se encontraba implícito en la teoría de la evolución, formaba la atmósfera espiritual de la mayoría de las personas de mente esclarecida durante la época victoriana, por no decir nada, de su infecciosa propagación en la literatura de la filosofía, la estética y las ciencias políticas, sociales e históricas. Pero, ¿cómo había de cuadrar el dios de la evolución, amo orgulloso de un universo vital que progresa eternamente, con el dios de la segunda ley, el remanente solitario de un universo muerto? Quizá los budistas, con apoyo en su doctrina del nirvana, podían haber abrazado la ley de la degradación, pero ciertamente que no podían haberlo hecho los enérgicos contemporáneos progresistas de la reina Victoria.

La teoría de la evolución se identificaba con un siglo de esperanza; equivalía a la ley del progreso, el credo laico de los hombres de ciencia. Las consideraciones relativas a la entropía profetizaban un pesimismo de desesperación, un futuro de desilusión. Resulta casi

un enigma observar cómo podía Spencer sentirse tan enfático con los conceptos energéticos y, simultáneamente, identificar al progreso con la creciente complejidad ofrecida a través de la evolución. Sospecho que nunca comprendió bien la segunda ley, o quizá no tuvo tiempo de leer la literatura respectiva, pues harto ocupado se hallaba, escribiendo ya estando enfermo.

Los energeticistas como Ostwald hacían hincapié en aquellos aspectos de la segunda ley de la termodinámica que se refieren a la irreversibilidad espontánea del tiempo y lo que eso significa para el progreso del hombre. Lo que Ostwald tenía en mente, naturalmente, era el elemento de irreversibilidad y progreso en la evolución de la cultura, la estética, la ética y el acervo de conocimientos del hombre. Era ésta la herencia de la raza humana, resultado del progreso irreversible y acumulativo del hombre. Es ésta una explotación del vector tiempo, que no se detiene en el lúgubre resultado final de las cosas. Ostwald restó importancia a los aspectos más lóbregos de la segunda ley, al hacer caso omiso de ellos.

Las referencias a la termodinámica y a la religión —unas oblicuas, otras no tanto y algunas bastante francas— se encuentran en los escritos de muchos científicos. Mayer, Joule y Colding incluyeron comentarios teológicos junto con sus formulaciones de la primera ley. Tyndall, el físico irlandés, atribuyó a la doctrina de la conservación de la energía un alcance más amplio y una significación más radical que a la teoría del origen de las especies. La conservación de la energía, pensaba él, "ligaba a la naturaleza con la fe" al colocar tanto los fenómenos vitales como los físicos bajo el dominio del enlace causal. Así, escribió: "Si nuestras autoridades espirituales pudieran tan sólo idear una forma en la que pudiera expresarse el corazón sin avergonzar al intelecto, podrían muy bien utilizar una fuerza que ahora desperdician y hacer de la plegaria un complemento potente de la vida extrovertida, en lugar de estoque en manos del escarnecedor".[63]

Kelvin excluía a los organismo vivos de su declaración de la segunda ley. Arrhenius, el químico sueco, aunque admitía la universalidad de la segunda ley, pensaba que bien pudieran ocurrir excepciones raras que desembocarían en la reconstrucción de mundos, quizá por intermedio de algún demonio consciente maxwelliano. Meyerson concluía que la segunda ley era un obstáculo fatal para la explicación mecánica del universo.

Las filosofías de Nietzsche, Whitehead y Russell no son inconsecuentes en estos problemas. Bergson llamó a la segunda ley el más metafísico de todos los principios de la naturaleza, en virtud de su implicación en el sentido de que hay un principio en el tiempo. Freud y Jung vieron con ojos nuevos la experiencia religiosa, gracias a la ayuda de ideas desorbitadas y de expresiones totalmente nuevas: el mundo cargado de energía esperando para reaccionar sobre el hombre, neurosis traumáticas en relación con "energía psíquica" ligada, la energía del yo como líbido narcisista o eros desexualizado, la energía

catética, la entropía y el deseo de la muerte.

William James escribió:

Aunque el estado último del universo bien puede ser su extinción vital y física, nada hay en la física que impida plantear la hipótesis de que el estado penúltimo *bien pudiera ser el milenio. La última pulsación del universo al expirar pudiera ser: tan feliz y perfecto soy que no puedo soportarlo más.*[64]

Henry James pensaba que tan terriblemente había estrechado la termodinámica al universo, que a la historia y a la sociología les era preciso "boquear para procurarse aliento". La adoración del dínamo había reemplazado a la devoción de la virgen de Chartres. Quizá tenía razón Chesterton cuando afirmaba que la piedra de toque fiel de una buena religión era el hecho de que se pudiera o no urdir un buen chiste sobre ella. O bien, todo depende del punto de vista.

XII

He intentado un posible enfoque el estudio histórico de la interacción de la ciencia y la religión, esto es, haciendo hincapié sobre algunos de los usos que se le dieron a la ciencia en las discusiones de cuestiones religiosas. En este caso se escogió para el análisis la termodinámica.

Evidentemente, no es este el mismo tipo de ejercicio mental que se da en la historia de la ciencia o de la religión. Tampoco es el estudio de la historia de la ciencia o de la religión como una rama del pensamiento intelectual; no es explicación ni es hermenéutica. Tiene algo en común con la historia social y cultural, quizá es *Kulturgeschichte*. La cuestión es: ¿Podemos aprender algo de esta literatura emocionante, a veces desquiciada, pero ampliamente leída?

Ciertamente que hemos de aceptar que hubo una vez en que las personas compartieron un grado marcado de frenesí religioso sobre la importancia de la termodinámica para las cuestiones "en última instancia" relativas a la vida del hombre. Si esto nos parece ahora más arrebatado que justificado, más subjetivo de lo que fue apropiado y más confiado en la incorruptibilidad de la verdad de lo que nos parece decente, fue no obstante bastante real. Quiero insinuar que eso se debió, en parte, al hecho de que la evolución de la termodinámica era especialmente susceptible a la inseguridad lógica.

Podemos afirmar al respecto, que el error consistió en que se formuló la termodinámica antes de que se tuvieran a mano todos los hechos físicos esenciales. Había demasiados matices emocionantes para posponer el triunfo. Fue así como las leyes de la termodinámica, adornadas aún más merced a su gran generalidad e invulnerabilidad, parecían haber salido en plena gloria de la testa de Zeus.

La conservación de la energía se aceptó virtualmente como la mera extensión de la imposibilidad de un *perpetuum mobile* para todos los procesos en la naturaleza... o así parecía en retrospectiva.

La segunda ley no estaba tan evidentemente en la superficie de las cosas. La entropía era, como lo vio Emile Meyerson, un concepto menos plausible, más irracional. La primera ley era casi un triunfo del pensamiento humano *a priori*. La segunda ley no sólo se ocultaba tras de la ingeniería de la energía debida al vapor y la eficiencia termodinámica, sino debajo de la coincidencia, el azar, la probabilidad, el equilibrio y la irreversibilidad. Pese a todo, una vez formulada, la segunda ley estaba sumamente preñada de interpretaciones potenciales, que resultaban pertinentes para cuestiones que preocupaban a la religión.

Sea como fuere, tenemos aquí los datos de cómo se utilizó a la ciencia en el servicio de la religión, y los datos parecen demostrar el veredicto general en el sentido de que una teoría científica, no importa cuán buena, segura y elegante sea, nunca queda inmune a que la usen de manera tal que se excedan los límites de la credulidad hasta el punto de la ridiculez completa, por lo menos a los ojos de las generaciones subsiguientes.

¿Es posible edificar una metafísica por medio de los métodos de la ciencia natural o con el auxilio de ésta? ¿Cómo se las arregla uno para usar la ciencia con el fin de hacerle cumplimientos metafísicos a Dios? Hubo vez en que se tomaron en serio tanto el Weltanschauung físico del mecanismo como el del energeticismo, y ahora están más o menos olvidados. Notamos, en realidad, que todos los tipos de metafísica particular han crecido como malezas en el jardín de la termodinámica. Era inevitable que la segunda ley, que en un cierto punto amenazó con destruir la validez universal de lo mecánico en el mundo, fuera digna de atención seria por parte de los filósofos, los metafísicos y los teólogos. Empero, no duró y por ende, cabe legítimamente que preguntemos si acaso han de tener siempre la religión y la ciencia relaciones la una con la otra. No muchas, responde Duhem. Si la respuesta es afirmativa, entonces es preciso que preguntemos: ¿Qué clase de relaciones? ¿Y cómo, de qué manera, *entra* la ciencia en la ceremonia y el ritual de la religión?

La religión es enormemente más vieja que la ciencia y hubo vez en que tuvo para sí el campo solo, sin gran competencia. ¿Es concebible que la crítica, la reinterpretación y el refinamiento científicos pudieran dar fin a la religión? En el vacío relativo creado por el desmoronamiento de la ortodoxia religiosa en el siglo XIX, algo tenía que tomar su sitio, esto es, Spengler, Ostwald, o el tomismo. La ciencia había dejado a muchísimas personas con creencias que carecían de sustancia pero, de igual manera, ¿no vale acaso reconocer que quienes ridiculizaban la fe cristiana parecían a menudo olvidarse de la cojera de sus propias hipótesis, de sus dificultades, contradicciones, especulaciones y monstruosidades sintéticas?

Concluyo con la observación de que los documentos esenciales que sirvieron de base a este estudio están engastados con palabras tales como *Dios, creación, mundo, orígenes, tiempo, energía* y *entropía.* Dichas palabras se usaron con tantos significados diferentes en la literatura respectiva, que no debe sorprendernos por completo que uno y el mismo conjunto de principios se pudiera manipular para demostrar tesis tan diversas. Esto debe recordarnos el aforismo de Wittgenstein: "Un problema filosófico tiene la forma: 'no sé por dónde ir'... Porque los problemas filosóficos surgen cuando el lenguaje *se va de paseo*".

NOTAS

[1] J. R. Mayer, "Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Natur", *Annalen der Chemie und Pharmacie* 42 (1842) 234.

[2] Rudolph Clausius, "Ueber verschiedene für die Anwendung bequeme Formen der Hauptgleichungen der mechanischen Wärmetheorie", *Annalen der Physik und Chemie* 125 (1865) 400.

[3] Sir William G. Armstrong, "Alocución Presidencial", *British Association for the Advancement of Science.* Informe Anual de 1863, Londres, 1864, li-lxiv.

[4] Véase Edward L. Youmans, *The Correlation and Conservation of Forces* (La correlación y la conservación de las fuerzas) (Nueva York, 1865), una serie de exposiciones por el profesor Grove, el profesor Helmholtz, el Dr. Mayer, el Dr. Faraday, el Prof. Liebig y el Dr. Carpenter; Thomas Laycock, *Mind and Brain: The Correlations of Consciousness and Organization,* (Mente y Cerebro: La correlación de conciencia y organización) 2 volúmenes (Edimburgo, 1860) con sus aplicaciones a la filosofía, la zoología, la fisiología, la patología mental y la práctica de la medicina; James Kay Shuttleworth, "On public education and the relation of moral and physical forces in civilization" (De la educación pública y la relación de las fuerzas morales y físicas en la civilización), *National Association for the Promotion of Social Science, Transactions* (Londres, 1861) 79-109; James Hinton, *Life in Nature* (Londres, 1862). En Alemania y Holanda se estimuló la reacción pública a la importancia filosófica y teológica del principio de conservación de la energía por las discusiones sobre fuerza vital (Lebenskraft), las doctrinas de materia y fuerza de los materialistas y las correspondientes reacciones hostiles a ellas. Véase por ejemplo, Justus Liebig, *Chemische Briefe* (Heidelberg, 1845); Carl Vogt, *Physiologische Briefe für Gebildete aller Stände,* Segunda Edición (Gieseen, 1853); Jacob Moleschott, *Der Kreislauf des Lebens. Physiologische Antworten auf Liebig's Chemische Briefe* (Maguncia, 1852); Ludwig Büchner, *Kraft und Stoff, Empirish- naturphilosophische Studien* (Frankfurt, 1855); Friedrich Lange, *Geschichte des Materialismus und Kritik seiner Bedeutung der Gegenwart* (Leipzig, 1866); y numerosas revisiones de todos los trabajos arriba citados.

[5] William R. Grove, "The Correlation of Physical Forces" (La correlación de las fuerzas físicas), citada de la primera edición norteamericana, según la obra de Youmans *The Correlation and Conservation of Forces,* 178, 199.

[6] William B. Carpenter, "On the Mutual Relations of the Vital and Physical Forces", *Traducción de Filadelfia* 140 (1850) 727-757.

[7] Carpenter, *ibid.,* 757.

[8] *Ibid.,* 737.

[9] *Ibid.,* 740-741.

[10] *Ibid.,* 752.

[11] *Ibid.,* 730.

[12] Herbert Spencer, *First Principles of a New System of Philosophy,* Nueva York, Edición de 1866 de la primera versión publicada en 1862, pp. 44, 66.

[13] Spencer, *ibid.,* 235.

[14] *Ibid.,* 259.

[15] *Ibid.,* 280-282.

[16] *Ibid.,* 501.

[17] Herbert Spencer, "Instituciones Eclesiásticas", parte VI de *Principles of Sociology* (Nueva York, 1866) 827-843.

[18] Spencer, *ibid.,* 843.

[19] Ernst Haeckel, "Die Wissenschaft und der Umsturz", *Die Zukunft* 10 (1895) 197-206.

[20] Haeckel, *ibid.,* 199.

[21] Youmans, *The Correlation* xii.

[22] *Ibid.,* xxx-xxxv.

[23] *Ibid.,* xxxvi-xxxvii.

[24] *Ibid.,* xlii-xliii.

[25] George F. Barker, *The Correlation of Vital and Physical Forces* (Nueva Haven, 1870) 26-27.

[26] Wilhelm Ostwald, *Monism as the Goal of Civilization* (Hamburgo, 1913). Publicado por el Comité Internacional de Monismo y distribuido como folleto gratis. Para un análisis sarcástico del tipo ostwaldiano de monismo energético, véase Oskar H. Schmitz, *Die Welt der Halbgebildeten,* Sexta Edición (Munich, 1914); también Wilhelm von Schnehen, *Energetische Weltanschauung? Eine writische Etudie mit besonderer Rücksicht auf W. Ostwalds Naturphilosophie* (Leipzig, 108).

[27] Ostwald, *Monism as the Goal of Civilization* 5-6.

[28] *Ibid.,* 6-9.

[29] *Ibid.,* 20 23.

[30] *Ibid.,* 25-26.

[31] *Ibid.,* 30-35.

[32] *Ibid.,* 37.

[33] Michael Maher, "Energy", *The Catholic Encyclopedia* 5 (1909) 422-428; D. Mercier, *La pensée et la loi de la conservation* (Lovaina, 1900); M. P. De Munnynck, "La conservation de l'énergie et la liberté morale", *Revue Thomiste* 5 (1897) 153-179; D. Mercier, *A Manual of Modern Scholastic Philosophy* (Un manual de filosofía escolástica moderna) (Londres, 1917).

[34] Hermann von Helmholtz, *Vorträge und Reden,* vol. 1 (Braunschweig, 1884) 152.

[35] Maher, "Energy" 427-428.

[36] *Ibid.,* 428.

[37] Oliver Lodge, *Man and the Universe* (Londres, 1909) 69. Para un examen comprehensivo del papel que juega la conservación de la energía en la interacción entre el aspecto mental y el material de las cosas, véanse las notas escritas por Logde, Hobson, Minchin, McDougall, Worthington, Sharpe, Peddie, Preece, Muirhead, Culverwell y Bowman en *Nature* 68 (1903) 595-597, 611-612; 68 (1903) 31-33, 53, 77-78, 126-127, 150-162.

[38] Arnold Lunn y J. B. S. Haldane, *Science and the Supernatural* (Nueva York, 1935), correspondencia entre ambos.

[39] Lunn y Haldene, *ibid.,* 167-175.

[40] *Ibid.,* 261.

[41] Veánse, por ejemplo, la "Introducción" de Arnold Lunn al ensayo de D. Dewar y H. S. Shelton *Is Evolution Proved?* (Londres, 1947); Arnold Lunn, *The Revolt against Reason* (Nueva York, 1951); J. B. S. Haldane, *The Outlook of Science* (Londres, 1935); J. B. S. Haldane, *Science and Well-Being* (Londres, 1935).

[42] Arthur Eddington, *The Nature of the Physical World* (Cambridge, 1928) 333.

[43] Eddington, *ibid.,* 73-75.

[44] W. R. Inge, *The Church in the World* (La Iglesia en el Mundo) (Londres, 1928); Arnold Lunn, *A Flight from Reason* (Una fuga de la razón) (Londres, 1931), un Estudio de la Herejía Victoriana.

[45] William Ralph Inge, *God and the Astronomers* (Dios y los astrónomos) (Londres, 1934) v-vii, las conferencias de Warburton de 1931-1933.
[46] Inge, *ibid.*, 15-16.
[47] *Ibid.*, capítulo 2, "El Nuevo Götterdämmerung" 19-70.
[48] *Ibid.*, 10.
[49] *Ibid.*, 25-28.
[50] *Ibid.*, 127.
[51] *Ibid.*, 33.
[52] Pierre Duhem, "Physique de Croyant", *Annales de philosophie chrétienne* [4] 1 (Octubre y noviembre de 1905) 44 y siguientes y 133 y siguientes. Reproducido en el ensayo de Duhem *Aim and Structure of Physical Theory* (Finalidad y Estructura de la Teoría Física) (Princeton, 1954) 273-311, apéndice "La Física de un Creyente".
[53] Abel Rey, "La philosophie scientifique de M. Duhem", *Revue de Métaphysique et de Morale* 12 (1904) 699-744.
[54] Duhem, *Aim and Structure of Physical Theory*, 273-274.
[55] *Ibid.*, 274-275.
[56] *Ibid.*, 275-279.
[57] *Ibid.*, 282-287.
[58] *Ibid.*, 287-288.
[59] *Ibid.*, 288.
[60] *Ibid.*, 288.
[61] *Ibid.*, 290.
[62] *Ibid.*, 291.
[63] John Tyndall, *Constitution of the Universe* (Constitución del Universo) (Melbourne, 1869) 32.
[64] Inge, *God and the Astronomer* (Dios y el Astrónomo) 30. Tomado de Urban, *The Intelligible World* (El mundo inteligible).

4

LA CIENCIA DE HACE UN SIGLO

Michael Crowe

Cuando, hará casi dos mil años, Tito Livio comenzó su historia de Roma, lo hizo así con la esperanza de distraerse del "espectáculo melancólico" de su época al reflexionar sobre los héroes del pasado. Cuando, hará casi trescientos años, Isaac Newton (presumiblemente siguiendo el ejemplo de Bernard de Chartres) comentaba: "Si he visto más lejos ha sido por pararme sobre los hombros de gigantes", se refería a científicos anteriores a él, algunos de los cuales habían vivido cientos de años antes. Los científicos de la actualidad no pueden compartir los sentimientos de Livio, porque viven en la edad dorada de la ciencia, y les cuesta trabajo compartir los de Newton, porque frecuentemente son contemporáneos de los gigantes sobre cuyos hombros se paran. Ello no obstante, en ocasión del centenario de la ciencia de la Universidad de Notre Dame, resulta especialmente apropiado que volvamos la cara a aquella década que ahora dista cien años de nosotros y que aceptemos nuestra deuda para con los gigantes de esa época.

En lo que sigue, se realiza el intento de exhibir los descubrimientos científicos principales que se presentaron en la década de 1860. Varias limitaciones han hecho necesario que se restrinja el enfoque a los descubrimientos en el ámbito de las matemáticas, la física, la química y la biología. Sin embargo, nos ha parecido prudente incluir algunas de las teorías que se propusieron en los años de la década de 1860, pero que no tienen ya vigencia. Esto puede servir para recordarnos la verdad sumamente importante de que los científicos del pasado

no sólo no veían tan lejos sino que, asimismo, veían de manera diferente.[1]

LAS MATEMÁTICAS EN LA DÉCADA 1860-1870

George Cantor en una ocasión advirtió que "la esencia de las matemáticas reside en su libertad". Si tal es cierto, entonces el descubrimiento de la esencia de las matemáticas puede en forma muy fidedigna quedar ligado a la década de 1860-1870 porque en esos años los matemáticos reconocieron con mayor plenitud que nunca antes, la maravillosa libertad de creación que las matemáticas permiten. Dos series de acontecimientos, una de índole geométrica y otra de carácter algebraico, que culminaron simultáneamente en dichos años, desembocaron en esta comprensión.

En 1829 publicó el ruso Nicolás Lobachevski un sistema de geometría no euclidiana y, cuatro años más tarde, el húngaro Johann Bolyai, trabajando independientemente, publicó un sistema semejante. Sin embargo, ni los escritos de Bolyai ni los de Lobachevski atrajeron atención alguna. Carl Friedrich Gauss había descubierto la geometría no euclidiana poco antes que Lobachevski y Bolyai, pero Gauss se había abstenido de publicar sus resultados. En 1854, Bernard Riemann sustentó una conferencia en la que describió un sistema nuevo de geometría no euclidiana; empero, no se publicó en esa época el ensayo de Riemann. Así pues, para principios de la década de 1860, se había descubierto ya la geometría no euclidiana, incluso la geometría enedimensional, pero pocos eran los matemáticos que sabían de estas ideas. Dicha situación se modificó rápidamente, porque en 1860, poco después de la muerte de Gauss, se ventilaron sus puntos de vista al publicarse algunas de sus cartas, mientras que el intervalo de dos años (1866-1867) vio la traducción, y la publicación en Francia de los tratados de Bolyai y Lobachevski, así como la primera publicación de la conferencia de Riemann. Antes de que finalizara la década, vieron la luz pública importantes publicaciones de Helmholtz y de Beltrami, de modo que para 1870 la mayoría de los matemáticos se habían percatado de la maravillosa libertad geométrica inherente en su dominio.

Casi al mismo tiempo, llegó la aurora de la libertad algebraica. La fecha que por lo general se atribuye a la aceptación por parte de los matemáticos de los números complejos o imaginarios coincide con la publicación por Gauss, en 1831, de la representación geométrica de los números complejos. A partir de 1840, a dicha extensión de la idea de los números la siguió la creación de números complejos de un orden más elevado, en la que destacaron muy notablemente el irlandés Hamilton y el alemán Grassmann. Los primeros números complejos, aunque ciertamente motivo de conmoción, no hacían necesario el abandono de ninguna de las leyes tradicionales de la operación algebraica. No era tal el caso con los sistemas de Hamilton y Grassmann, en los que A x B no equivale en general a B x A. Empero, las ideas de Hamilton y Grassmann no fueron bien recibidas en un principio; en realidad, muchos ejemplares del libro de Grassmann de 1844 quedaron sin venderse y se usaron como papel de desperdicio.

Para la década de 1860 iba cambiando ya tal estado de cosas y cabe citar la obra de Benjamín Peirce para simbolizar ese cambio. En 1864, en la primera junta de la entonces recién fundada Academia Nacional de la Ciencia, Peirce dio lectura al primero de una serie de ensayos que en 1870 se reunieron en su libro "Álgebra lineal asociativa". En ellos, Peirce da a la luz no menos de 162 sistemas matemáticos distintos.

Con esta libertad algebraica nuevamente hallada llegaron ramas de las matemáticas tales como el análisis vectorial y las matrices. En cierto sentido, el análisis vectorial data de la década de 1860, cuando hombres como Tait, Maxwell, Clifford, Schlegel y Hankel prosiguieron los primeros trabajos de Hamilton y de Grassman. Las matrices, aunque esbozadas ya por Hamilton, y en especial por Grassmann, se asocian generalmente con el ensayo de Cayley de 1858.

También en la década de 1860, y en parte como resultado de las investigaciones ya citadas, llegaron los matemáticos a percatarse de la importancia de estudiar no sólo las entidades matemáticas sino, también, las estructuras. El instrumento principal para esta tarea fue la teoría de los grupos, que Evariste Galois, fallecido en 1832, inició a la edad de veinte años. Las ideas de Galois no comenzaron a recibir atención hasta después de 1846, cuando Liouville publicó los ensayos de Galois. Generalmente se toma como punto culminante en esta secuencia de acontecimientos, la publicación, en 1870, del libro de Camille Jordan sobre grupos de substitución. Dos jóvenes matemáticos que asistieron a las conferencias de Jordan en 1870, estaban destinados a llevar mucho más lejos el desarrollo de la teoría de grupos. Fueron Félix Klein, cuyo programa Erlanger, ya clásico, apareció en 1872, y el noruego Sophus Lie, cuyas contribuciones a la teoría de grupos son igualmente clásicas.

Que no se descuidó el análisis durante la década de 1860-1870, es circunstancia que puede establecerse con sólo mencionar matemáticos de la talla de Riemann, Hermite, Kronecker y, sobre todo, Weierstrass. Dos resultados de grandes alcances en sus implicaciones se atribuyen a las conferencias de Weierstrass en los años 1860. Weierstrass demostró entonces la existencia de funciones continuas que no tienen derivada en punto alguno, inaugurando así una crisis en la intuición matemática. Cuatro años más tarde, Weierstrass enseña a sus discípulos su método para desarrollar los números irracionales, tomando como base los enteros, con lo que se inicia "la aritmetización del análisis". La obra de Weierstrass es seguida pronto por los trabajos de Méray (1869), Dedekind (1872) y Cantor (1872).

Aunque la lógica matemática pierde en esta década a dos de sus más grandes precursores, Boole y De Morgan, florece no obstante esa pérdida, porque su legado lo recogen, en los años 1860, Jevons, C. S. Peirce y otros. Y bien que puede servir el nombre de Jevons para

recordarnos que el sueño de una calculadora mecánica, legado de Babbage (que murió en 1871), no cayó entonces en el olvido.

LA FÍSICA EN LA DÉCADA DE 1860-1870

Muchos de los acontecimentos en la física de los años 1860 se apiñan en derredor de cuatro conceptos centrales, que son los que se refieren al campo físico, a la energía, al átomo y al análisis espectroscópico.

El descubrimiento del espectro de líneas obscuras aconteció a principios del siglo XIX; sin embargo, el verdadero principio del análisis espectroscópico se liga a la publicación rezagada que se debe a Bunsen y a Kirchhoff. Estos autores explicaron la relación que existe entre los espectros de raya obscura y los de líneas brillantes así como las relaciones de dichos espectros con la composición química. Así pues, al arrancar la década de 1860, se dio a los científicos un instrumento nuevo de gran importancia, que no anduvieron lerdos en utilizar cuanto antes. Para 1863 se habían descubierto cuatro nuevos elementos químicos por medios espectroscópicos, y en 1866 se descubrió helio por primera vez, habiéndose encontrado no en la Tierra sino en el Sol. Además, en 1864, William Huggins resolvió lo que él bautizó con el nombre de "enigma de las nebulosas", al descubrir que ciertas nebulosas emiten espectros de línea brillante y, por ende, no son racimos de estrellas sino más bien gases luminosos. Huggins prosiguió en 1867, para hacer uso del principio de Doppler y del espectroscopio para medir la velocidad radial de las estrellas. La clasificación espectroscópica de las estrellas, hecha en la década de 1860 y debida a Secchi, puede bien servirnos como un último ejemplo del enorme valor que tiene el espectroscopio para el astrónomo. En 1850, el astrónomo tenía un instrumento: el telescopio; para 1870, contaba con tres, porque no sólo había adquirido el espectroscopio durante ese lapso, sino que había aprendido también a sacar ventaja de los progresos realizados en los métodos fotográficos. Los físicos, asimismo, obtuvieron beneficios del espectroscopio a medida que empezaron a recolectar los datos que más tarde habrían de jugar un papel tan importante en la teoría atómica; fundamental para ello fue el mapa espectroscópico, que Angström publicó en 1868.

Dentro de la historia de la teoría atómica, en los siglos que separan al átomo de Demócrito del átomo de Bohr, se destacan dos nombres y dos fechas. El primer nombre es el de John Dalton, que en 1808 publicó su *New System of Chemical Philosophy* (Nuevo Sistema de Filosofía Química). El segundo nombre no es el de un hombre sino el de una población —Karlsruhe— y la fecha que se liga a ella es el año 1860.

El libro de Dalton marca el principio de la teoría atómica moderna, pero sólo el principio, porque cuando Dalton falleció, en 1844, sus ideas no se aceptaban universalmente ni eran totalmente aceptables. Un problema principal era el que presentaba una confusión en

pesos atómicos. En 1860 se llevó a cabo el primer congreso internacional de química, en Karlsruhe, al que asistieron alrededor de 140 químicos prominentes. En ese congreso, Stanislaus Cannizzaro leyó un ensayo, del que luego distribuyó copias, en el que demostró de qué manera, al aceptar la hipótesis de Avogadro de 1811 como esencialmente correcta, podía unificarse la química y colocarse sobre una sólida base teórica. La reforma que sugirió Cannizzaro fue, prácticamente, aceptada por todos. Lother Meyer declaró que, cuando leyó el ensayo de Cannizzaro, "parecieron desprenderse las escamas de mis ojos". Simbólico de lo fructífero que esta reforma resultó ser para la química general es el hecho de que, a fines de la década de 1860, Meyer y el ruso Mendeleev (que también había asistido a aquel congreso) anunciaron simultáneamente la tabla periódica de los elementos. Simbólica de la fecundidad de esta reforma para la química orgánica es la obra de Kekulé, una figura destacada en la organización del congreso de Karlsruhe, que en 1858 había dado a conocer su idea de la tetravalencia del carbono e insinuado la posibilidad de que los átomos de carbono se encadenaran con otros átomos de carbono. En 1865 introdujo la estructura anular del benceno. Las ideas de Kekulé, combinadas con la aceptación de la reforma de Cannizzaro, hicieron aceptable la noción de la valencia y marcan, además, la iniciación del estudio de la "estructura química", un término introducido en 1861 por Butlerov.

Así pues, en 1861, Kekulé había definido a la química orgánica como la química de los compuestos del carbono. Esta definición, aunada al famoso libro de Berthelot de 1860, *Organic Chemistry Based on Synthesis* (La Química Orgánica Basada en la Síntesis), marca la expulsión final del seno de la química orgánica de toda idea vitalista.

Fueron las ideas y los éxitos de Kekulé, Butlerov, Meyer y Mendeleev, los que fortalecieron a la teoría atómica, y aunque perduraron algunas objeciones (como lo demuestra el debate de 1869 en la Sociedad Química de Londres), la mayoría de los químicos quedaron convencidos de la importancia y utilidad de la teoría atómica.

Los físicos de la segunda mitad del siglo XIX veían al átomo tanto con mayor franqueza como con mayor confianza que los químicos. La popularidad del átomo vórtice de Kelvin ilustra dicha franqueza, y la rápida evolución de la teoría cinética de los gases revela la confianza de los físicos en un punto de vista atómico de la materia.

En 1858, Helmholtz había publicado un famoso ensayo sobre la hidrodinámica del movimiento de vórtice, en el que demostró que los anillos de un vórtice en el seno de un fluido infinito y sin fricción eran, dadas ciertas circunstancias, estables. En 1867, William Thomson (más tarde Lord Kelvin), estimulado por el artículo de Helmholtz propuso la idea de que los átomos son anillos de vórtice en el éter. Él y otros se dedicaron a desarrollar esta teoría hasta alrededor de 1900, cuando se convirtió en inaceptable. Dicha idea, ahora totalmente olvidada, sin embargo, se consideró durante mucho tiempo como preñada de promisorias posibilidades. Así, John Theodore Merz, al escribir

a principios del siglo XX, se refiere a ella como "la concepción más adelantada, dentro de estas meditaciones, de que haya sido capaz hasta ahora la mente humana..."[2] Para nuestros propósitos, el interés generalizado en esta teoría es especialmente pertinente en cuanto que revela la inclinación de muchos científicos del siglo XIX a favor de las explicaciones cinéticas y, asimismo, su libertad con respecto a la mecánica de bolas de billar que tan a menudo se asocia con la física de dicha centuria.

Antes de la década de 1850 eran pocos los físicos que se interesaban en conceptos atómicos: dicha situación habría de transformarse porque, en 1857, Clausius nos entrega la primera publicación de importancia en la teoría cinética de los gases. Inmediatamente después, aparecen los famosos artículos de Maxwell, y para 1870 la teoría cinética de los gases se había convertido en una rama establecida de la física. Aunque los trabajos de Maxwell y de Clausius revisten la mayor importancia, también participaron otros, y de ellos las limitaciones de espacio permiten tan sólo mencionar a Loschmidt, quien en 1865 estableció el número de moléculas en un volumen dado de gas, o sea, el número de Loschmidt. Un aspecto que vale la pena destacar es que en el desarrollo de la teoría cinética intervinieron, por primera vez, consideraciones de estadística, desempeñando un papel preponderante dentro de la física.

Podemos ahora enfocar nuestra atención sobre el concepto de la energía y el estado que guardaba en la década de 1860. En el decenio de 1840 se descubrió la primera ley de la termodinámica, para ser luego desarrollada por científicos de la talla de Joule, Helmholtz, Mayer y Colding. La segunda ley de la termodinámica hizo su aparición en los primeros años de la década siguiente y, por lo general, se acredita a Lord Kelvin y Rudolf Clausius. Vale la pena hacer notar que fue en 1865 cuando Clausius presentó y dio nombre a la función de entropía.

Al desarrollarse estas leyes, se entregó a los científicos la tarea de volver a examinar muchas teorías y fenómenos, a la luz de los conceptos de energía y entropía. Durante la década de 1860, dichos conceptos esparcieron su luz en multitud de direcciones; se usaron ventajosamente en investigaciones tan diversas como el estudio de la fuente del calor solar y los estudios de Wunderlich sobre la relación entre fiebre y enfermedad. Volvieron a escribirse los libros de texto antiguos, de manera que se exhibieran los principios energéticos, mientras que los libros nuevos, asimismo, hacían hincapié en ellos. En 1863 apareció *Heat as Mode of Motion* (El calor como un modo de movimiento), de Tyndall, y el calórico imponderable, que se había visto favorecido todavía en el artículo "Calor" de la *Enciclopedia Británica* de 1856, se convirtió en objeto perteneciente al pasado. Típico del hincapié que se hizo sobre consideraciones energéticas en la mecánica es el *Tratado de la Filosofía Natural,* de Kelvin y Tait que, habiendo hecho su aparición en 1867, a menudo se comparaba con la dura *Principia,* de Newton. Las consideraciones de energía ayudaron a Maxwell en sus investigaciones eléctricas y, quizá en forma más importante, a todo el campo de la química física, que empezó a desplegarse. Aunque la formulación sistemática de la química física llegó después de la década de 1860, las bases habían quedado establecidas por ciertos trabajos como el de Deville sobre disociación, el de Berthelot y Sainte-Gilles sobre velocidades y temperaturas de reacción, el de Guldberg y Waage, que en 1864 anunciaron la ley de acción de la masa, el de Traube, que introdujo el concepto de membranas semipermeables en 1867, el de Andrews sobre la licuefacción de los gases y la elaboración del concepto de temperatura crítica (1869) y, finalmente, el de Horstmann, que en 1869 aplicó el concepto de entropía a los fenómenos de sublimación.

El cuarto acontecimiento importante en la física del siglo XIX fue el concepto de un campo físico. La idea de una substancia que llena todo el espacio pero que nuestros sentidos no captan directamente, data de la época de los griegos. Entre los científicos del siglo XVII, Descartes es sólo el mejor conocido de quienes utilizan el concepto de un éter. Para el año 1800 varios científicos habían utilizado los medios etéreos de diversas maneras, para explicar así la transmisión de efectos gravitacionales, magnéticos, eléctricos y luminosos. Sin embargo, la mayoría de los físicos aceptaban en 1800 la acción a distancia para los efectos gravitacionales, eléctricos y magnéticos, al mismo tiempo que la entonces predominante teoría corpuscular de la luz les liberaba de la necesidad de un éter para la transmisión de la luz. El desarrollo de la teoría matemática del movimiento de fluidos (hidrodinámica), cuyos orígenes se remontan por los menos hasta Euler, y la elaboración de la teoría de potencial, que se asocia con Lagrange, Laplace, Green, Gauss y otros, sirvieron para suministrar algunos de los procedimientos técnicos matemáticos que se estaban usando cuando se transformó la situación.

Y por cierto que la situación cambió radicalmente cuando se derrumbó la teoría corpuscular, a principios del siglo XIX, gracias a los asaltos mancomunados de Young y Fresnel que, al formular la teoría de las ondas, establecieron asimismo la necesidad de un éter lumínico. Para explicar ciertos fenómenos de polarización se requería que las ondas fueran transversales, más bien que longitudinales (como las ondas del sonido), y esto a su vez requería que el éter tuviera la rigidez de un sólido y, sin embargo, fuera suficientemente blando como para permitir que los planetas se movieran a través de él. Fresnel, Cauchy, MacCullagh y Stokes se cuentan entre aquellos que antes de 1860 se esforzaron en escribir las ecuaciones para un éter así.

Aparte de todo esto, Miguel Faraday, que no podía aceptar la acción a distancia, comenzó a mediados del siglo a introducir sus conceptos de líneas y tubos de fuerzas magnéticas y eléctricas. Tales líneas y tubos entrañaban la posibilidad de que los esfuerzos eléctricos y magnéticos se localizaran en el espacio. Las ideas de Faraday recibieron el apoyo de una serie de artículos que escribió Kelvin, el primero de los cuales se publicó en 1842. En ellos, Kelvin llamaba la

atención sobre las semejanzas entre las ecuaciones de flujo de calor, flujo de corriente, elasticidad y ciertas ecuaciones en la electrostática y la electrodinámica. El hecho de que las ecuaciones que se usan para el flujo de calor en las sustancias materiales sean idénticas a las ecuaciones de las fuerzas electrostáticas en el espacio, sugería que no era improbable que el espacio, más bien que estar vacío, se encuentre lleno de un éter eléctrico. Maxwell comentaba que, de esa manera, Kelvin había "introducido en las matemáticas el concepto de acción eléctrica que se realiza a través de un medio continuo el cual, aunque ya Faraday lo había anunciado... nunca había sido justipreciado por otros hombres de ciencia..."[3] A fines de la década de 1850, el joven James Clerk Maxwell, incitado por Faraday y Kelvin, publicó el primero de esos cuatro ensayos que fueron tan importantes para la teoría electromagnética del siglo XIX. El cuarto artículo, con el que culmina esta serie de ensayos, apareció en 1865, y en él Maxwell deja sentada la idea de una corriente de desplazamiento, la teoría electromagnética de la luz y las ecuaciones clásicas que llevan su nombre. Así pues, se consideró la luz como una onda electromagnética, mientras que entonces los fenómenos eléctricos y ópticos se atribuyeron a un solo éter. En este último ensayo, Maxwell hace a un lado el éter, cuyas características había desarrollado en sus primeros artículos, con el comentario de que era heurístico e ilustrativo; sin embargo, no dejó por ello de comentar que "al hablar de la energía del campo... deseo que se me tome literalmente".[4] Que no obstante eso, Maxwell se hallaba convencido de la necesidad de un éter, lo revela el haber escrito su artículo "Éter" para la *Enciclopedia Británica*. La mayoría de los físicos compartían dicha creencia, que a la larga fue destruida, y con ella el átomo de vórtice, por la teoría de la relatividad. Es bien sabido que la teoría de la relatividad se ganó un apoyo importante gracias a su capacidad para explicar el experimento de Michelson y Morley en 1887, por medio del cual se investigó el movimiento de la Tierra a través del éter. Menos bien sabido es que en la década de 1860, Respighi, Hoek, Maxwell y Fizeau publicaron experimentos que eran semejantes al experimento de Michelson y Morley en sus propósitos, sino en su éxito. Aunque el éter se ha desvanecido, el concepto de campo a él ligado ha demostrado ser de naturaleza más sólida, y la importancia de las famosas ecuaciones de Maxwell queda de manifiesto gracias a la siguiente observación de Einstein e Infeld, en su libro *The Evolution of Physics* (La Evolución de la Física): "La formulación de estas ecuaciones constituye el acontecimiento más importante en la física desde la época de Newton, no sólo por su riqueza de contenido sino también porque dan la pauta para un nuevo tipo de ley".[5]

CIENCIAS BIOLÓGICAS EN LA DÉCADA DE 1860-1870

Poco más de un mes antes de que comenzara la década de 1860, se ofreció a las librerías inglesas un nuevo libro publicado por John

Murray, de Londres. Previamente, el autor había escrito a Murray para precaverle de que bien pudieran ser malas las ventas del libro. No obstante ello, Murray sacó a la luz una edición de 1250 ejemplares, todos los cuales, ante la sorpresa del autor y de Murray, se vendieron en las librerías el mismo día de su aparición. El 7 de enero de 1860 se publicó una segunda edición, más numerosa, del libro; su título era *On the Origen of Species by Means of Natural Selection or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life* (Del Origen de las Especies por medio de la Selección Natural o de la Preservación de las Razas Favorecidas en la Lucha por la Vida). En 1872 Carlos Darwin publicó la sexta edición del libro, que revisó sustancialmente. Ya para 1870 había necesitado este libro una revisión a fondo de gran parte del pensamiento biológico, dado que la teoría de la evolución tenía implicaciones importantes para campos tan diversos como la taxonomía, la ecología, la anatomía comparada, la embriología y la paleontología.

Algunos biólogos aceptaron en el acto las ideas de Darwin y en realidad consagraron gran parte de sus vidas a formar las ramificaciones de estas ideas; otros, empero, las rechazaron. Simbólico de la controversia es el hecho de que los dos principales biólogos de los Estados Unidos en la década de 1860, Asa Gray y Louis Agassiz, adoptaron puntos de vista directamente opuestos en relación con Darwin para confusión y, según sospecho, para deleite de sus alumnos de Harvard.

El apoyo para las ideas de Darwin vino de aquel brillante entusiasta, Ernst Haeckel, que en 1866 elaboró su teoría de la recapitulación. "La ontogenia recapituló a la filogenia", escribió Haeckel, y aunque no fue enteramente original ni correcta su aseveración, dicha "ley", no obstante, iluminó las propias investigaciones de Haeckel así como las de su colega asociado, Kowalewsky, cuyas publicaciones sobre la embriología del anfioxo datan de 1866.

En Inglaterra, Darwin recibió el apoyo de científicos tan eminentes como Hooker, Huxley y Lyell. Aunque Darwin había declinado discutir la evolución del hombre en su *Origen de las Especies*, el tópico pronto fue recogido por otros autores. La obra de Lyell *Geological Evidences for the Antiquity of Man* (Testimonios Geológicos de la Antigüedad del Hombre), y la de Huxley, *Man's Place in Nature* (El Sitio del Hombre en la Naturaleza) vieron ambas la luz pública en 1863, y en 1864, el codescubridor de la teoría de la selección natural, Alfred Russell Wallace, publicó el primero de sus muchos exámenes de esta cuestión. Finalmente, en 1871, aparece *Descent of Man* (El Origen del Hombre), de Darwin. Igual que Wallace obtuvo estímulo y apoyo para la teoría de la evolución, merced a su importante investigación relativa a la distribución geográfica de los animales, así también Darwin publicó durante la década de 1860 importantes investigaciones referentes a las relaciones entre los insectos y las plantas. El solitario Darwin recibió mucho apoyo del clamoroso Huxley, que defendió las ideas de Darwin no sólo contra Wilberforce, asesorado

por Owen, sino también contra las críticas de índole más científica de hombres como Kölliker (1864).

De las objeciones que se dieron en el siglo XIX a la tesis de Darwin, quizá las dos más importantes datan de la década de 1860. En 1865, Lord Kelvin, personaje bien conocido del público gracias a su intervención en el tendido del cable trasatlántico, publicó un ensayo intitulado *"The Doctrine of Uniformity in Geology Briefly Refuted"* (Refutación Suscinta de la Doctrina de la Uniformidad en Geología). En dicho ensayo, Kelvin, arguyendo sobre la base de las mediciones físicas del calor desprendido por la corteza terrestre, niega a los partidarios de la evolución biológica y geológica el lapso que les es preciso para explicar los procesos de la evolución. Aunque las conclusiones de Kelvin eran erróneas, como se vio después de 1900, cuando se descubrieron las fuentes subterráneas de radiactividad, no por ello dejó Kelvin de representar, dado su prestigio como físico eminente, un "espectro odioso", como decía Darwin, para las ideas a favor de la evolución. También se presentaron objeciones de peso a la teoría de Darwin sustentadas en bases genéticas. Símbolo de dichas objeciones es un artículo que publicó en 1867 Fleeming Jenkin, que alegaba que las variaciones fortuitas en los individuos desaparecerían "encenagadas" cuando el individuo procreara con otros miembros de la especie. En parte debido a esos problemas, fue que Darwin adelantó su teoría de la pangénesis en su libro de 1868 *The Variation of Animals and Plants under Domestication* (La Variación de Animales y Plantas bajo Domesticación) y, también, introdujo el concepto de la herencia de los caracteres adquiridos en las últimas ediciones del *Origen de las Especies.*

Como han afirmado muchos autores, la obra de Darwin marca un cambio importante en la opinión que de la naturaleza y de la biología tiene el hombre. Así, pues, en el período darwiniano el hombre considera a la naturaleza en términos históricos, progresistas y dinámicos.

Como ya se indicó, la aceptación de la teoría de Darwin se veía dificultada por la carencia de informes sobre las formas y los mecanismos de la herencia. La aceptación por parte de Darwin de la pangénesis indica cuán primitivo era el estado tanto de la observación como de la teoría a este respecto. Sin embargo, alrededor de 1857, un monje agustino había empezado unos experimentos con plantas de guisantes en el jardín de su monasterio de Brünn, en Moravia. En 1865, este monje presentó ante la Sociedad de Brünn para el Estudio de las Ciencias Naturales las conclusiones a que había llegado, tomando como base los resultados de dichos experimentos. Con este ensayo estableció Gregor Mendel las bases de la genética. Aunque algunas de las conclusiones de Mendel se habían alcanzado antes, nadie las había unificado como lo hizo él ni nadie había presentado la abundancia de material cuantificado que Mendel había reunido como evidencia. Pese al hecho de que en aquellos días el interés por la genética era generalizado, como lo atestigua la obra de Naudin en los primeros años de la década de 1860 y la publicación del libro de Galton *Hereditary Genius* (El genio hereditario) en 1869, la obra de Mendel no logró atraer la atención sino hasta que sus ideas volvieron a descubrirse, a fines del siglo. Vale la pena hacer notar que tanto Galton como Mendel proponían un enfoque estadístico de los fenómenos biológicos; en realidad ha quedado claramente establecido que la contribución mayor de Galton fue su incondicional defensa de la medición exacta y el cálculo matemático con referencia al campo de la biología. Lo que Mendel había hecho era establecer la forma de la continuidad hereditaria y, consecuentemente, delinear un elemento esencial en forma de discontinuidad biológica o cambio evolucionario.

Aunque Roberto Hooke había observado células alrededor de 1660, la teoría de la células usualmente data de la década de 1830, en la que Robert Brown descubrió el núcleo de la célula, y Schleiden y Shwann publicaron tratados de teoría celular. Algo de mérito tiene este punto de vista, pero no debe olvidarse que las ideas propuestas por Schleiden y Schwann con respecto a las células presentaban serios defectos. Sus ideas eran bastante incompletas en el ámbito estructural, y era erróneo su parecer sobre el desarrollo; así, por ejemplo, Schwann sostenía que las células nuevas surgían merced a un proceso análogo a la cristalización en una substancia, sin estructura en el seno o incluso apenas afuera de las células preexistentes. La división de la célula se había observado en algunos casos antes de Schwann, y con bastante frecuencia en las décadas de 1840 y 1850, pero hasta las décadas de 1870 y 1880 se pudo contar con una descripción precisa del proceso. Entre tanto, acontecieron varios sucesos significativos, de los cuales el más importante es la publicación, en 1858, de la *Cellular Pathology* (Patología Celular), de Virchow. En esa obra argumentaba Virchow, más convincentemente que nadie antes, que la célula es la unidad de la vida y que, como él lo aseveraba "donde brota una célula preciso es que haya existido previamente una célula". Todavía más, Virchow alegaba que la patología debía enfocarse desde el punto de vista celular, y cabe afirmar que lo que el libro de Virchow hizo por la teoría celular en relación con la patología, lo hizo el libro de Kölliker, de 1861, por la teoría celular con referencia a la embriología. El principal defecto en los trabajos anteriores al año 1860, relativos a las células, lo corrigió en 1861 Max Schultze, quien arguyó que había que considerar a las células no como "estructuras vesiculares con membrana, núcleo e ingredientes", sino como "una masa de protoplasma dentro del cual queda un núcleo". Fue así como Schultze logró que el interés pasara al protoplasma, alejándose de la membrana que, según demostró él mismo, no es preciso que exista y que, cuando está presente, dificulta la división de las células.

En el mismo año en que apareció la publicación de Schultze, Gegenbaur publicó un ensayo en el que demostró que los huevos de los vertebrados son células solas, únicas, lo que aunado al contenido del artículo de Schultze, dejó claramente asentado que el protoplas-

ma es el eslabón entre las generaciones. En 1862 Brücke publica una disertación en la que manifiesta que la importancia del protoplasma es tal que resulta perentorio no considerarlo ya simplemnte como un fluido sin organización. Así pues, fueron estos tres ensayos los que establecieron aquel concepto de protoplasma que, de acuerdo con un historiador de la biología, J. Walter Wilson, es "de una importancia de consecuencias mucho mayores" para la biología que la teoría de la evolución.[6] El ulterior progreso de la teoría celular quedó asegurado con la aparición de nuevas técnicas para el estudio de las células. Muchas de tales técnicas se dieron a conocer durante la década de 1860, cuya primera mitad vio la introducción del teñido de preparaciones para el microscopio con anilina y hematoxilina, mientras que la segunda mitad trajo consigo el procedimiento de la inclusión en parafina y el uso del microtomo.

"No puede esperarse que se abandone la doctrina de la generación espontánea mientras pueda presentarse un solo argumento serio en su favor... una doctrina así puede compararse con el monstruo mitológico cuyas múltiples cabezas se regeneraban sin cesar. Es preciso destruirlas todas".[7] Así escribía Louis Pasteur en 1860, cuando estaba en plena labor hercúlea contra la generación espontánea. Antes de Pasteur, las investigaciones de científicos como Redi y Spallanzani ya habían circunscrito la cuestión de la generación espontánea, pues en realidad, cuando Pasteur inició sus experimentos, la cuestión específica se ceñía al origen de ciertos microbios que se presentaban en la fermentación. En 1861 publicó Pasteur los resultados de una serie de experimentos directos y brillantes, con los que se refutaban los argumentos de quienes se oponían a él. También en este mismo escrito anunció su descubrimiento de los organismo anaerobios, y en 1864 dio a conocer el procedimiento que actualmente se conoce como "pasterización". En esta década determinó también cuál es el organismo que produce la enfermedad de la pebrina en el gusano de seda y vio cómo José Lister, cuyos famosos artículos sobre la antisepsia y la teoría de las enfermedades por causa de los gérmenes datan de 1867, recogió sus ideas. Pasteur no estaba solo en sus trabajos de bacteriología, porque en la década de 1860 Villemin había realizado trabajos importantes con relación al organismo que ocasiona la tuberculosis y Davaine había trabajado sobre el ántrax. Así se establecieron los cimientos teóricos de las ciencias de la microbiología y la bacteriología, dejando todo preparado para los trabajos posteriores de Koch, Cohn, Tyndall y el propio Pasteur.

Los dos fisiólogos más grandes de la primera mitad del siglo XIX fueron François Magendie y Johannes Müller; Magendie falleció en 1855 y Müller en 1858. Al morir ellos, no cesó el trabajo que iniciaron porque, incluido en el legado científico de cada uno de ellos, se encontraba un estudiante que, andando el tiempo, habría de rivalizar con su maestro en grandeza. Magendie nos dejó a Claude Bernard; Müller, a Hermann von Helmholtz. Tanto Helmholtz como Bernard habían realizado importantes descubrimientos antes de 1860, pero fue en esta década cuando publicaron tres grandes tratados de fisiología. En 1863, Helmholtz publicó su tratado de acústica fisiológica, y en 1866 apareció la parte tercera y final de su tratado de óptica fisiológica. Los descubrimientos contenidos en estos libros son demasiado numerosos para hacer mención de todos ellos aquí; su importancia es manifiesta por el hecho de que actualmente se encuentran todavía en uso.

En 1865 publicó Bernard su *Introduction to the Study of Experimental Medicine* (Introducción al Estudio de la Medicina Experimental), obra en la que manifiesta su convicción de que tanto la física como la química deben aplicarse en fisiología y de que, al igual que la física y la química, es la fisiología en verdad una ciencia. La importancia del libro de Bernard puede comprenderse mejor si se considera lo siguiente: En 1847, Bernard, que sustituía a Magendie en una conferencia, dice a sus estudiantes: "La medicina científica que es mi deber enseñaros no existe. Lo único que cabe hacer es establecer las bases sobre las cuales puedan construir las generaciones futuras para crear la fisiología, sobre la cual pueda entonces establecerse dicha ciencia".[8] Tal era la esperanza de Bernard en 1847; su libro de 1865 nos indica que para este año se había cumplido su esperanza. Para 1865 la medicina se había convertido en una ciencia y el libro de Bernard señala la transformación que sus primeros descubrimientos habían hecho tanto por provocar.

Por supuesto que Bernard y Helmholtz no fueron los únicos fisiólogos importantes de la década de 1860; Ludwig, Sechenov y Brown-Séquard hicieron importantes contribuciones a la fisiología animal, del mismo modo que Boussingault, Woronin y Sachs los hacían a la fisiología vegetal.

CONCLUSIÓN

Cuando empecé a preparar este estudio, resolví intentar precisar si los descubrimientos de la década de 1860 desempeñaron un papel decisivo para el desarrollo de la ciencia de los últimos tres siglos. Se procedió así en parte como medida defensiva enderezada a soslayar la tendencia de atribuir, candorosa y subconscientemente, una importancia excesiva a esta década.

Al leer a varios historiadores de la ciencia, me percaté de que, en ocasiones, se han referido a esta década con calificativos como "una época de maduración", "una era de captación" o incluso como "un período de revolución". Por ejemplo, el distinguido historiador de la biología, Charles Singer, escribe: "Puede afirmarse que el período moderno de la biología se inaugura en nuestra era alrededor de 1860... La perspectiva total de la índole de los seres vivos sufrió una transformación completa y profunda en el período de alrededor de veinte años que siguió al año de 1860".[9] Y Walter F. Cannon, recientemente hizo la siguiente aseveración en relación con la física: "...el macizo divisorio entre lo 'newtoniano' y lo 'moderno' no surge alrededor de

1900... los grandes descubrimientos no son cosas como los rayos X sino cosas como el espectro continuo. Incluso en la actualidad es más fácil explicar la relatividad que decidirse a escoger a Maxwell sobre Newton cada vez que se gesta un conflicto entre ambos. Asimismo, los conceptos cuánticos en boga pueden considerarse como la decisión de aceptar *tanto* los campos *como* las discontinuidades electroquímicas de Faraday. Finalmente, dados Leibnitz, Babbage, Boole y De Morgan, la era de la computadora electrónica continúa la secuencia con la adición de los constructores apropiados de instrumentos".[10]

Una lectura cuidadosa de *Evolution of Physics* (Evolución de la Física) de Einstein e Infeld no puede sino llevarnos a la conclusión de que la tesis de este libro es que el período moderno de la física data necesariamente no del principio de este siglo sino de alrededor de la década de 1860. Aaron J. Ihde, en su reciente historia de la química, ha hecho declaraciones que se refieren en términos especiales al período de la química alrededor de 1860,[11] pero en ningún caso he hallado un estudio sistemático sobre si los años 1860 (o cualquier década del siglo XIX) constituyeron un período de importancia especial para el desarrollo de la ciencia. Hay, sin embargo, al parecer, consenso sustancial de los historiadores en el sentido de que la década de 1860 fue de importancia decisiva para el desenvolvimiento de la biología: así, por ejemplo, Dawes se ha referido a la opinión de Singer con aparente aprobación,[12] y un ensayo reciente de J. Walter Wilson que argüía en pro de una tesis semejante, recibió el comentario favorable de Shryock y de Zirkle.[13] Finalmente, Jacques Barzun y Gertrude Himmelfarb, en estudios que se centran en Darwin, han usado el vocablo "revolución".[14] Un examen sistemático de tales puntos rebasa el propósito de este estudio; ello no obstante, puede resultar pertinente un comentario de índole historiográfica.[15]

Lo que deseo insinuar es que, así como los historiadores políticos han estudiado los períodos de guerra en detrimento del cuidado que merecen los períodos de paz, los historiadores de la ciencia igualmente han recalcado las revoluciones hasta el extremo de descuidar períodos y acontecimientos que bien pueden en algunos casos ser de mayor importancia en la evolución de la ciencia. El período en la química de 1770 a 1820 suministrará un ejemplo concreto. De este período se destacan dos grandes químicos: son, por supuesto, Lavoisier y Dalton. El primero dio la batalla contra la teoría del flogisto, derrumbándola finalmente y reemplazándola con la teoría de la combustión a base de oxígeno; el segundo introdujo la teoría atómica moderna. Los historiadores que escriban sobre Lavoisier pueden muy bien hacer uso de expresiones tan imponentes como "derrocamiento" y "revolución", mientras que quien escriba sobre Dalton habrá de contentarse con expresiones tan insípidas como "la aparición de" y "la introducción de". Pese a ese hecho, es sin duda posible alegar que la influencia de Dalton fue mayor que la de Lavoisier. El caso de Lavoisier y Dalton no es sino un ejemplo ilustrativo de lo que yo tengo por serio defecto en nuestro vocabulario y en nuestra conceptualización historiográficos. Como persona cuyos esfuerzos se han concentrado en la historia de las matemáticas, me deprime especialmente el hecho de que palabras tan altisonantes como "revolución" no se usen, ni deben usarse, para describir eventos trascendentales en la historia de las matemáticas.

Así pues, lo que antecede me empuja a sugerir que lo que necesitamos es vocablos nuevos que nos permitan hacer justicia a hombres como Dalton y a disciplinas como las matemáticas. Después de varios meses de hacerlos pasar por un tamiz mental, los vocablos "formativo" y "transformativo" nos parecieron los menos susceptibles de ser objetados.[16] La adopción de dichos términos puede permitir al historiador de la ciencia describir con mayor precisión los períodos históricos, así como colocarlos dentro del mosaico de la historia con menor deformación del conjunto.

En un acontecimiento transformativo, una teoría aceptada se ve desplazada por otra que lo mismo puede ser vieja que nueva. En un suceso así, hay una pugna en la que ambos lados comprenden más o menos bien al opositor, pero están en total desacuerdo con él. Al concluir el evento, queda transformado un sector de la ciencia.

En un evento formativo no se transforma un aspecto de la ciencia, sino que *se forma*. El descubrimiento o la teoría que producen dicho efecto son usualmente nuevos y, por definición, nada derrumban y a nada remplazan. Puede haber opositores, pero éstos no comprenden el descubrimiento o la teoría o niegan su importancia. Bien puede ser que, a la larga, se produzca una transformación, pero tal efecto es un resultado incidental y conceptualmente distinto. Usualmente se viola una *no-teoría*[17] tal como "la luz del sol no proporciona informes químicos" o bien "no hay más postulados geométricos que los de Euclides", pero eso nada tiene de revolucionario.

Finalmente, sugeriría que, si se aplica la anterior forma de analizar a la década de 1869-70, se descubrirá que la misma fue principalmente formativa, más bien que transformativa (o revolucionaria), porque casi todos los descubrimientos que se han examinado se caracterizan por el hecho de que a nada reemplazan; llenan lo que previamente era un hueco. Insinuaría, también, que un gran número de los nuevos descubrimientos fueron formativos, precisamente en el sentido de que provocaron la síntesis. El aspecto más notable de todas esas nuevas ideas relativas a la evolución, la genética, el protoplasma y la célula, el campo, la energía, el análisis espectral, el átomo y la tabla periódica y la estructura algebraica es que unifican sectores de la ciencia que antes habían estado separados.

NOTAS

1 Rara vez se enfrenta el historiador de la ciencia a la tarea de examinar una década dada. Existen varios elementos auxiliares que pueden aligerarle dicha tarea y los principales entre ellos son las diversas tablas cronológicas de descubrimientos. De especial valor son las siguientes obras, que son tablas cronológicas o bien contienen tales tablas:

a. Ludwig Darmsteadter, *Handbuch zur Geschichte der Naturwissenschaften* (Berlín, 1908).
b. Agnes M. Clerke, *A Popular History of Astronomy during the Nineteenth Century* (Una historia popular de la astronomía durante el siglo diecinueve) (Londres, 1893).
c. Felix Auerbach, *Geschichtstafeln der Physik* (Leipzig, 1910).
d. Paul F. Schurmann, *Historia de la Física,* 2 vols. (Buenos Aires, sin fecha).
e. Herbert S. Klickstein, *Outline of the History of Chemistry* (Esbozo histórico de la Química) (Tabla publicada por Mallinckrodt Chemical Works).
f. Gordon Rattray Taylor, *The Science of Life* (La ciencia de la vida) (Nueva York, 1963).
g. Fielding H. Garrison, *An Introduction to the History of Medicine* (Filadelfia, 1929).
h. Kark E. Rothschuh, *Entwicklungsgeschichte Physiologischer Probleme in Tabellenform* (Munich, Berlín, 1952).
i. Edward W. Byron, *The Progress of Invention in the Nineteenth Century* (El progreso de los inventos en el siglo diecinueve) (Nueva York, 1901).

Al principio ayudaron bastante las obras anteriormente citadas, pero la tarea pronto se convirtió en una selección. Los autores que ayudaron a este respecto son demasiado numerosos para citarlos a todos.

[2] John Theodore Merz, *A History of European Thought in the Nineteenth Century,* II (Una historia del pensamiento europeo en el siglo diecinueve) (Londres, 1928) 57. Esta obra es una fuente extremadamente valiosa de informes sobre lo que pensaban científicos del siglo XIX y también sobre cómo consideraban sus pensamientos (como sucede arriba).

[3] Según cita sin referencia en la obra de Sir Edmund Whittaker *A History of the Theories of Aether and Electricity,* I (Londres, 1958) 241-242.

[4] James Clerk Maxwell, *Scientific Papers,* I (París, sin fecha) 564.

[5] Albert Einstein y Leopoldo Infeld, *The Evolution of Physics* (Nueva York, 1961) 143.

[6] J. Walter Wilson, "Biology Attains Maturity in the Nineteenth Century", *Critical Problems in the History of Science,* ed. Marshall Clagett (Madison, 1962) 15.

[7] Según cita sin crédito en el libro de Herbert A. Lechevalier y Morris Solotorovsky, *Three Centuries of Microbiology* (Nueva York, 1965) 35-36.

[8] Según cita en el libro de J. M. D. Olmsted, *Claude Bernard: Physiologist* (Nueva York, 1938) 41.

[9] Charles Singer, "Biología", *Enciclopedia Británica* III (Nueva York, 1937) 617.

[10] Walter F. Cannon, "History in Depth: The Early Victorian Period", *History of Science 3* (1964) 34.

[11] Aaron J. Ihde, *The Development of Modern Chemistry* (Nueva York, 1964) 55, 257-258.

[12] Ben Dawes, *A. Hundred Years of Biology* (Londres, 1952) 55.

[13] J. Walter Wilson, "Biology Attains Maturity in the Nineteenth Century", *Critical Problems in the History of Science,* ed. Marshall Glagett (Madison, 1962) 401-418. Para los comentarios de Shryock y Zirkle veánse las páginas 447-466.

[14] Jaques Barzun, *Darwin, Marx, Wagner* (Garden City, Nueva York, 1958) examina la "Revolución Biológica" a partir de Darwin, mientras que la posición de Gertrude Himmelfarb es clara con sólo ver el título de su libro: *Darwin y la Revolución Darwiniana* (Garden City, Nueva York, 1959).

[15] El historiador de la ciencia que se eche a cuestas esta tarea tendrá

que habérselas con el interesante estudio de T. J. Rainoff intitulado "Wavelike Fluctuations of Creative Productivity in the Development of West-European Physics in the Eighteenth and Nineteenth Centuries", *Isis* 12 (1929) 287-319. Rainoff alega, tomando como base gráficas descubrimientos-tiempo, que el período 1850 a 1870 fue de relativa declinación en productividad en el campo de la física.

[16] Los vocablos "mutativo" y "transmutativo", tomados respectivamente de la biología y la química, no carecen de mérito. Escasamente resulta necesario señalar que no soy tan confiado como para creer que habrán de adoptarse estos términos. Estos no son sino etiquetas que se usan para establecer una distinción y, si alguna esperanza tengo, es la de que se acepte la distinción. Aunque dicha distinción puede interpretarse como crítica a las ideas de Thomas Kuhn sobre revoluciones científicas, la intención de este autor es que pueda servir a manera de pequeño *suplemento* del brillante análisis de Kuhn.

[17] Puede ser útil especificar lo que quiero decir cuando hablo de una no-teoría. Una no-teoría es una declaración negativa que, por lo general, se sostiene sólo de manera implícita, de carácter tan general que no hay pruebas empíricas que pueda insinuar directamente. Hago la salvedad de que no todas las aseveraciones negativas son no-teorías; Pasteur se hizo famoso merced a sus esfuerzos por demostrar una aseveración negativa que tenía algunas implicaciones susceptibles de someterse a pruebas empíricas. Las no-teorías son, por lo general pero no necesariamente, implícitas; decir esto es bastante obvio, puesto que es inconcebible que los científicos formulen frecuentemente declaraciones de esta forma: "Carezco de pruebas y no puedo imaginar cómo obtenerlas, pero estoy convencido de que X no existe."

5

LA CIENCIA Y LA FILOSOFIA CONTEMPORANEAS

Herbert Feigl

Según me es dado entender la tarea bastante ambiciosa que me han asignado en esta Conferencia, es de examinar las relaciones entre ciencia y filosofía dentro del marco de la erudición contemporánea e incluso vislumbrar cual puede ser su evolución. Debe ser obvio que tal empeño es precario pues para cualquiera sería difícil ser del todo objetivo e imparcial en cuestiones tan enormemente controvertibles. Todavía más, si se pudiera vaticinar el futuro tanto de la perspectiva científica como de la filosófica, con un grado cualquiera de detalles específicos, dicha perspectiva sería ya del presente y, por ende, no residiría en el futuro. Tal es en sí la conclusión a que lleva una simple reflexión filosófica sobre cuán predecible es todo logro intelectual. Puesto que no soy un visionario, pudiera ser necesario que restrinja mi presentación a generalidades y trivialidades, y pues que los filósofos somos en cierta forma especialistas en generalidades, pretendo habérmelas con cuestiones fundamentales y penetrantes, al tiempo que espero soslayar las trivialidades con sólo concentrarme en varios puntos de pertinencia genuina para los controversias actuales relativas al papel de la filosofía en nuestra era de ciencia. Inevitablemente habrán de reflejarse en mi selección de tópicos, y en mi manera de examinarlos, tanto las limitaciones de mi competencia como mis predilecciones personales. Además, la carencia de espacio me obliga a planear las cuestiones en un tono más dogmático que el que debería adoptar, pero no veo otra salida en obsequio a la brevedad y la claridad.

En la siguiente serie de observaciones deseo poner de relieve una cierta convergencia prometedora, sumamente característica de lo que yo considero que es una concepción de lo más fructífera de la tarea de la filosofía. Demostrar que la nuestra es una nueva era de la ciencia no requiere una argumentación elaborada. Los resultados prácticos de las ciencias aplicadas están en torno nuestro casi por doquier en la civilización contemporánea. Son inmensos los problemas que se refieren a la utilización apropiada de los modernos logros tecnológicos. Considérese, por ejemplo, la profunda revolución en nuestros hábitos que habrán de provocar los usos de la energía nuclear y de la automatización, la inminente aplicación de la ingeniería biológica y las nuevas técnicas de la planeación socioeconómica. Cómo habrá todo esto de afectar el futuro del bienestar humano (inclusos los punzantes aspectos de la paz y la justicia internacionales) es un tópico que toda persona reflexiva deseará sopesar, valiéndose de la sabiduría que pueda reunir. En nuestros días se da también atención especial a la "hendidura", dentro de nuestra cultura, entre la perspectiva de las ciencias y la de las humanidades. Tal hendidura se manifiesta no sólo en las dificultades de comunicación entre quienes representan a las dos orientaciones, sino que es también el meollo en las disputas sobre los ideales de la educación en nuestra era de la ciencia.

Precisamente con referencia a estas cuestiones la reflexión filosófica puede ser especialmente útil. La estructura vasta e imponente de la ciencia moderna, la variedad tremenda de sus métodos de observación, experimentación, diseños estadísticos y el complejo teoría-construcción se iluminan ya merced al análisis filosófico. El interés aquí se centra en las ciencias *puras*, más bien que en las aplicadas.

Bajo el efecto de la ciencia moderna, la concepción misma de la tarea que compete a la filosofía ha sufrido un cambio de orientación radical. De acuerdo con una perspectiva histórica muy amplia, bien puede afirmarse que los filósofos han estado ocupados en tres empeños principales a través de las edades: han buscado verdades absolutas referidas a la realidad fundamental y normas absolutas de ética; han tratado de alcanzar una síntesis, una visión del universo y del sitio del hombre en él, o sea, una perspectiva que integraría las varias contribuciones de las ciencias en un todo inteligible y armonioso; y, finalmente, han intentado dejar claros el significado y la validez de los conceptos, las hipótesis y los métodos fundamentales del saber y la evaluación.

A la luz de la ciencia moderna —esto es, no sólo a la vista de sus resultados y conclusiones sino especialmente de su actitud de mente abierta e imparcial y de su enfoque crítico— se está abandonando la búsqueda de la verdad absoluta, por cuanto tiene de infructuosa si no es que de falta de sentido. El espíritu de la ciencia contemporánea es "crítico" en el sentido de que se consideran todas sus conclusiones sanas o sostenibles únicamente "hasta que se tengan otras novedades". En otras palabras, ninguno de los extremos —dogmatismo o escepticismo— es aceptable. La política de imparcialidad de la

mente abierta indica que, aunque todos debemos en principio sujetar nuestras convicciones todas a una crítica y revisión constantes, es perfectamente razonable confiar en hipótesis bien confirmadas hasta que la evidencia poderosa nos obligue a modificarlas o reemplazarlas por otras que estén apoyadas más fuertemente por la evidencia pertinente.

La búsqueda de lo absoluto se ha hecho sospechosa por cuanto que las hipótesis que a ello se refieren, por lo general se aseguran contra toda refutación posible, esto es, no son susceptibles de pasar por algún tipo de prueba. No obstante, por lo menos psicológicamente hablando, la "voluntad de creer" es fuerte y se expresa filosóficamente según varias formas de la metafísica y la teología. Desde un punto de vista científico es preciso preguntar si las pretensiones de verdad de las creencias transcendentales, esto es, radicalmente transempíricas, no son ilusorias en tanto que toman a los compromisos morales fundamentales por demandas genuinas del saber. El análisis lógico de estos temas nos impulsa a distinguir entre empeños científicos e intentos no científicos. No hay necesidad de ser "*cientifista*", esto es, de usar el vocablo "no científico" de manera desdeñosa. Las metas mismas y, por ende, los criterios de apreciación de las artes, la literatura o la música difieren de los de las ciencias. No deben confundirse estas actividades *no* científicas con la prosecución de tareas *in*científicas. Rechazamos las labores *in*científicas (v. gr., las de la astrología) porque aunque sus *metas* son las de la ciencia, a saber, explicación y predicción, los procedimientos usados quedan desacreditados a la luz de los criterios del buen método científico.

La búsqueda de lo absoluto en la actualidad se interpreta como una cuestión de compromiso moral fundamental más bien que como una conjetura sobre los enigmas del universo. Tal como los metafísicos (transempíricos) han concebido y tratado estos enigmas, sucede que se han convertido en interrogantes absolutamente incontestables, "garantizadas en un 100 por ciento como insolubles". Por contraste, las ciencias han estructurado al menos algunos de estos problemas en formas que los hacen accesibles a soluciones que son cada vez más adecuadas. Pero, si las ciencias se hacen cargo de esta tarea, ¿le queda algo por hacer a la filosofía? Es preciso en verdad admitir que las síntesis de estilo majestuoso que estaban todavía tan en boga a principios de este siglo se han convertido en algo sumamente cuestionable. En épocas anteriores, los filósofos, si estaban totalmente versados en las ciencias de su época, podían todavía sugerir nuevas "hipótesis cosmológicas", y de este modo abrir la vereda para los avances posteriores de las ciencias. Siendo como es vitalmente importante y profundamente fascinadora la tarea de integración de una visión cósmica, en nuestros tiempos requiere de un alto grado de competencia científica, la que, lamentablemente, la enorme mayoría de los filósofos no posee. Todavía más, es merced al desarrollo autónomo de disciplinas limítrofes *científicas* como se está alcanzando un progreso genuino hacia una integración justificable.

Las anticipaciones especulativas de síntesis y unificaciones científicas, a duras penas pueden considerarse por más tiempo como la tarea apropiada para la filosofía. También es cierto que ha habido ocasiones en el pasado en que pensadores a quienes se puede designar con más propiedad como filósofos que como científicos han introducido ideas novedosas y fructíferas, que posteriormente se desarrollaron y luego se confirmaron con procedimientos científicos, tras de haber adoptado usualmente formas fuertemente modificadas. Las hipótesis atómicas de Leucipo y de Demócrito, las anticipaciones jónicas de la teoría de la evolución, las opiniones aristotélicas sobre la vida orgánica, las perspicaces observaciones de Nietzche sobre la psicología del inconsciente; éstas y quizá apenas unos cuantos ejemplos más constituyen ilustraciones pertinentes, pero parece que la imaginación de los científicos en los tiempos más recientes ha sobrepasado con mucho la de los filósofos y la de los poetas. No hay filósofo que haya siquiera vagamente previsto la teoría de la relatividad ni la cuántica. Tampoco las especulaciones filosóficas han prefigurado las teorías de la genética o las de la bioquímica. Sí parece en cambio, que hoy en día y en el futuro, sólo cabe esperar de los científicos competentes cualquier teoría fructífera. Deben poseer una comprensión experta de los hechos que arrojan las observaciones y los experimentos; preciso es que sean totalmente versados en el contenido de las teorías existentes, y tienen que ser capaces de valerse de procedimientos matemáticos avanzados. Las grandes síntesis científicas de la era moderna se han preparado a menudo merced a la evolución de las ciencias limítrofes, como las disciplinas "dobles" de la química física, la biofísica, la bioquímica, la psicofísica, la psicofisiología, la psicología social, la socioeconomía y las disciplinas auxiliares, como la cibernética y la teoría de la información. Cierto es también, a buen seguro, que muchos científicos de inclinaciones filosóficas han iniciado estos avances o han contribuido a ellos.

No quiero decir que los filósofos profesionales de la ciencia carezcan de interés en la síntesis o en la sinopsis. Todo lo contrario, una gran parte de sus trabajos se ocupa precisamente de la lógica de las síntesis unificadoras. Comparten la fascinación que sobre el teórico científico ejerce la fuerza sinóptica del método hipotético deductivo. Cabe interpretar esa fascinación psicológicamente de varias maneras. Hay el aspecto "económico": las teorías son intentos por abarcar un máximo de hechos con un mínimo de conceptos e hipótesis fundamentales. La eficacia profética de las teorías científicas demuestra, en cierto modo, cuánto es lo que se puede obtener con cuán poco. Otro aspecto puede ser el que de un prurito de poder sublimado. En lugar de dominar a otras personas, el teórico científico domina y dirige una gran cantidad de hechos. Me abstengo de examinar interpretaciones psicoanalíticas "más profundas", de acuerdo con las cuales la búsqueda en pos de la comprensión científica puede remontarse hasta las curiosidades infantiles. Sin que importe cómo explicamos la fascinación, lo cierto es que existe y aclara al menos un aspecto de la

alta estima en que se tiene a esta monumental contribución del intelecto humano: las teorías de la ciencia moderna. Por ende, resulta comprensible que los filósofos hayan intentado alcanzar una "ciencia de la ciencia", que de alguna manera tornarían en inteligibles los logros casi milagrosos de las teorías científicas. Quizá debamos recordar el famoso dicho de Einstein: "Lo más incomprensible de este mundo es que sea comprensible". El deseo de *entender* la índole de la ciencia es quizá la motivación más pura y más plausible de los análisis filosóficos de la ciencia. Pero, por supuesto, otras motivaciones han producido también resultados valiosos. Lógicos hay que usan las ciencias como un dominio en el cual poner en juego sus potencias intelectuales formales (y a menudo formidables). Y otros hay, filósofos quizá con inclinaciones más artísticas, que prefieren hablar extravagante e informalmente sobre el esfuerzo científico. Todavía otros se preocupan de acertijos epistemológicos o de enigmas metafísicos, y prefieren luchar con ellos en la arena de las reflexiones "metacientíficas".

Resumiendo: ¿Cuál, entonces, es la tarea propia de la filosofía en nuestra era de la ciencia? Al parecer, la respuesta que se acepta razonablemente en términos generales es: *el análisis,* o sea, la tercera tarea que previamente mencioné. A menudo se interpreta esto erróneamente como algo que nada es sino crítica destructiva. Una inspección más cuidadosa nos informa, empero, de que el análisis puede ser bastante *constructivo.* Aunque bien puede empezar con la eliminación de perplejidades inútiles al exponer las confusiones conceptuales subyacentes, el análisis a menudo ilumina la lógica misma de las síntesis y las integraciones. En el primer plano de la actual filosofía de la ciencia están los estudios de la lógica y la metodología de las teorías científicas así como la interrelación de las ciencias.

Una de las marcas del temperamento científico moderno en la filosofía es que se están evitando dos peligros de índole diametralmente opuesta, tipificados por las filosofías del tipo de *"nada sino"* y *"algo más"*. Eso significa que estamos sobre aviso con respecto a las añagazas tanto de las falacias "reductivas" como de las "seductivas". Las primeras reducen el mundo, o el lugar que ocupa el hombre en él, a un absurdo como en el "materialismo mecanicista burdo", mientras que las segundas ven misterios en el mundo para los cuales no hay evidencia de "¿qué es qué?" —o sea, un análisis genuinamente *constructivo* o *reconstrutivo*— puede hacer justicia a los intrincamientos y complejidades del mundo.

Hay un grado razonable de avenencia en la actualidad sobre cómo concebir la *filosofía* de la ciencia, por contraste con la historia, la psicología o la sociología de la ciencia. Todas estas disciplinas son *sobre* la ciencia pero ese *sobre* se da de diferentes maneras. La historia de la ciencia investiga en sus orígenes el desarrollo de los problemas, las ideas y las soluciones científicas, de preferencia en el seno del contexto sociocultural entero. La psicología del descubrimiento científico trata de dar cuenta del por qué de las actividades creadoras,

solucionadoras de problemas, del científico, en términos de los indispensables procesos mentales. El sociólogo de la ciencia trata de explicar el desarrollo y la recepción de las teorías y de los puntos de vista científicos. Es claro que las investigaciones de estilos y modas en el teorizar científico, que reflejen el "Zeitgeist" de un período dado al que corresponden ciertas condiciones culturales, sociales, económicas o políticas, pertenecen a este sector de la sociología del saber.

En la terminología ampliamente aceptada de H. Reinchenbach.[1] los estudios de esta índole pertenecen al *contexto del descubrimiento* mientras que los análisis que prosiguen los filósofos de la ciencia pertenecen al *contexto de la justificación*. Una cosa es preguntar cómo llegamos a nuestras pretensiones de conocimiento científico o qué factores socioculturales contribuyen a que se acepten o rechacen, y otra bastante diferente preguntar qué clases de evidencia y qué normas y reglas objetivas generales regulan la prueba, la confirmación en un sentido o en el otro, y la aceptación o rechazo de las pretensiones de conocimientos en la ciencia. La interrogante "¿Cómo sabemos?", es así típicamente ambigua; puede equivaler a preguntar "¿Cómo llegamos a saber?"; o puede significar que se pregunte "¿Qué razones podemos aducir a manera de apoyo objetivo de nuestras pretensiones de saber?" Como requisito previo para la segunda, esto es, para el tipo filosófico de pregunta, preciso es que quede bien claro cuál es el *significado* de las aserciones científicas, lo que involucra un escrutinio de la estructura lógica de los conceptos científicos e incluye reflexiones críticas sobre las líneas de demarcación entre los empeños científicos y los no científicos e incientíficos. Por tanto, estas dos preguntas: "¿qué es lo que queremos decir?" (esto es, por medio de las palabras y símbolos que usamos) y "¿cómo es que sabemos?" (esto es, que sea cierto o que esté confirmado como la probable verdad científica que pretendemos) norman las investigaciones de la moderna filosofía de la ciencia. La ocupación principal es analizar las bases empíricas y la estructura lógica de las ciencias que se refieren a hechos. En muchas ocasiones memorables, los grandes científicos se han convertido en sus propios filósofos por cuanto que han producido métodos o teorías nuevas, auxiliados por incisivos escrutinios críticos del marco conceptual pertinente total, pero, en virtud de la creciente especialización en todos los campos, por lo menos han surgido ya dos generaciones de filósofos de la ciencia. La comprensión competente de por lo menos algunas disciplinas científicas, mezclada con una agudeza lógica y una perspicacia filosófica, es distinción que han alcanzado sólo un grupo bastante reducido de filósofos de la ciencia, pero los esfuerzos de dichos especialistas han producido ya resultados eminentemente esclarecedores.

Difieren enormemente entre si los enfoques y los procedimientos de que se vale cada filósofo de la ciencia. Van desde estudios bastante informales hasta formidables reconstrucciones formales. En lo personal, creo que hay sitio para todos y, en realidad, peligros en los extremos. Afortunadamente la preocupación británica por el análisis del lenguaje ordinario no logró avanzar mucho (y realmente mal podía haberlo hecho) en la filosofía de la ciencia. No ha influido fuertemente a la filosofía norteamericana de la ciencia. Por otro lado, los "precisionistas", esto es, los edificadores de sistemas formales, han contribuido mucho, y no puede haber duda de que algunos trabajos de este tipo han sido notablemente fructíferos. En el espíritu del método euclidiano, tal como se ha mejorado y refinado tremendamente en las matemáticas modernas, disciplinas enteras de las ciencias empíricas se han vaciado en la forma de los sistemas deductivos. El peligro aquí es que la formalización y la elaboración axiomática se tornan en un fin por sí mismas.

Los ideales de la condensación y de la "elegancia" matemáticas tienen su sitio, pero éste no está necesariamente en la lógica de las ciencias empíricas. Lo que verdaderamente se necesita en ellas son sistemas de máxima capacidad independiente para realizar pruebas. Sistemas así nos capacitan para ver qué postulados de una teoría son apoyados por la evidencia empírica y, por ende, qué postulados pueden necesitar su revisión o suplantación si surge cualquier evidencia que los contraría.

Hay cuestiones importantes y controvertivas en la reconstrucción lógica de las teorías científicas. Dichas cuestiones han ocupado a algunos de los mejores intelectos de nuestra época y, a no dudarlo, serán motivo de estudio y examen intensivos en los años por venir. Una de ellas es la exacerbante de cómo exactamente interpretar la relación que guardan las teorías (en las ciencias empíricas) con el tipo de evidencia pertinente para su confirmación o refutación. La reconstrucción usual es la que originalmente propusieron N. R. Campbell y H. Reichenbach, aunque con modificaciones instituidas por Carnarp, Hempel, Margenau, Northrop, Braithwaite y otros.[2] Según esta visión de la materia, hemos de distinguir entre el lenguaje *teórico* de una disciplina dada (como termodinámica, relatividad, las teorías cuánticas, la teoría genética en biología etc.) y el *lenguaje de observación*, Los términos del lenguaje teórico están "definidos implícitamente" por los postulados por lo que entonces se liga a un subgrupo de dichos términos (o de conceptos explícitamente definidos tomando como fundamento esos "términos primitivos"), por intermedio de "definiciones coordinadoras" o "normas de correspondencia", con vocablos del lenguaje de observación empírica (u "operativamente") definidos. Se entiende que este análisis es una reconstrucción, o sea, que no se pretende que refleje el origen o la evolución de las teorías científicas. Se presentó aquí como artificio que debe permitirnos escudriñar por separado, por un lado, los aspectos logicomatemáticos (o "puramente formales") de una teoría, en relación con la consistencia de sus postulados y la validez de las derivaciones deductivas y, por otro lado, el contenido empírico de la teoría y de ahí su confirmación (o refutación) en gracia a lo observado. La falta de espacio me veda el examinar la emocionante controversia entre R. Carnap y K. R. Popper[3] relativa a la probabilidad, la confirmación y la corroboración. (La

cuestión entera de la posibilidad de una lógica inductiva depende del resultado final de esta controversia).

Deseo al menos tocar brevemente una corriente de críticas radicales a la reconstrucción de la teoría científica. Me refiero a varias de las publicaciones de Paul K. Feyerabend.[4] Con mucha propiedad señala que no es posible formular los teoremas que se deducen de los postulados de una teoría dada en el lenguaje de la observación directa. La razón simple de ello es que, si ha de ser *deducción,* entonces los conceptos que aparezcan en los teoremas tienen que ser los primitivos mismos o, lo que es más usual, conceptos explícitamente definidos en términos de los primitivos. Pero salta a la vista que los vocablos del lenguaje de observación no son así definibles. Esta fue, por supuesto, la consideración que desembocó en la noción de las reglas de la correspondencia. Con relación a éstas, Feyerabend insiste en que la lógica misma del lenguaje de observación no se endenta con la del lenguaje teórico. En realidad, va un paso más allá y sostiene que aun el lenguaje de observación es ya difuso (o está contaminado) gracias a una teoría, aunque ésta sea algo burda. Así pues, recurriendo a un ejemplo bien conocido, no puede coordinarse el concepto de la temperatura tal como la usa el físico experimental, ya no digamos identificarlo, con el concepto de la energía cinética media de las moléculas. ¿Por qué no? Feyerabend replica que el concepto experimental y mensural de la temperatura involucra leyes (esto es, al menos una teoría de nivel inferior) lógicamente incompatibles con la teoría cinética del calor tal como se desarrolla en la mecánica estadística de Gibbs y Boltzmann. Cierto es que la clásica segunda ley de la termodinámica ("fenomenológica") resulta indefensible dentro de la mecánica estadística. Feyerabend propone, por lo tanto, que los filósofos de la ciencia abandonen totalmente el concepto de la estructura de nivel de la explicación científica con arreglo al cual las teorías y las leyes experimentales de nivel inferior son supuestamente deducibles de los postulados de teorías de nivel superior. En lugar de esa reconstrucción familiar, Feyerabend afirma que debiéramos meramente volver sobre los pasos sucesivos en los que las primeras teorías, menos adecuadas, se ven suplantadas por teorías posteriores más pertinentes. Hacerlo así, empero, le obliga a aceptar que la demostración de las teorías involucra un lenguaje de observación que está ya formulado en términos de los conceptos de la teoría por demostrarse, consecuencia que me parece discorde con los procedimientos de confirmación o refutación de teorías que se aplican en la realidad. El requisito mismo de ser susceptible de someterse a prueba, la necesidad de dar cuenta clara de lo que está involucrado en el acto de poner a prueba teorías rivales así como de decidir entre ellas la que esté mejor confirmada (o como quiere Popper, mejor "corroborada", esto es, que haya sido capaz de sobrevivir a los intentos estrenuos por refutarla con apoyo en la evidencia de información), todo eso, digo, y la obvia observación de que las teorías posteriores y mejores que reemplazan a las primeras y menos aptas comparten (al menos aproximadamente)

los mismos elementos de la materia de que se trate, me parece que señalan en dirección de una reconstrucción más conservadora.

Aunque hace falta todavía afinar los detalles precisos —y es ésta una tarea intrincada— propongo la formulación siguiente: Pueden explicarse los elementos del tema o de la materia por la congruencia aproximada de las regularidades deducidas de una teoría avanzada con las regularidades que se determinen por experimentación o por simple observación y sus interpolaciones y extrapolaciones inductivas. De esa manera, hay siempre por lo menos un cierto ajuste, dentro de un intervalo limitado de las variables pertinentes. Menciono como ilustraciones adecuadas la certeza práctica del incremento de entropía en el caso de los procesos macroscópicos, la concordancia cuantitativa de la mecánica clásica y de la relatividad espacial de Einstein dentro del intervalo de las velocidades relativamente bajas, la "correspondencia" (así la llamó en realidad Niels Bohr) entre las regularidades experimentales derivables de la electrodinámica clásica y las que corresponden a la teoría cuántica. Por supuesto, lo que nos interesa tanto como estas correspondencias son las discrepancias (a menudo tremendas) fuera de un cierto intervalo de las variables pertinentes. A buen seguro que Feyerabend tiene razón al destacarlas cuando le preocupan el progreso y las revoluciones de la ciencia pero no creo que sus conclusiones filosóficas radicales se sigan a partir de un análisis que toma debida cuenta de la permanencia así como del cambio en la sucesión de las teorías científicas. Lo que está indicado, por supuesto, es un nuevo examen de la índole lógica de las reglas de la correspondencia. Conviniendo con Ernest Nagel,[5] me inclino a considerar las normas de la correspondencia, al menos por lo que hace a una forma importante de su empleo, como *leyes puente.* Como tales, difieren vivamente de las meras reglas semánticas de designación; relacionan entre sí, v. gr., los conceptos de las microentidades con los de las macroentidades observables. Así, una vez que se tienen varios caminos de evidencia convergente para las microentidades y sus características, estas leyes puente se sostienen o se derrumban a la luz de la evidencia empírica.

Aunque las observaciones anteriores pueden parecer un tanto recónditas, si no es que esotéricas, creo en verdad que tienen un valor significativo con respecto a algunos de los temas filosóficos más punzantes de nuestra era de la ciencia. En consecuencia, permítaseme utilizar las observaciones hasta aquí asentadas en un breve examen de tres cuestiones que son de importancia suprema por lo que hace a la pretendida resquebrajadura en nuestra cultura, esto es, la relación entre ciencia y humanidades. Los tres problemas que deseo abordar son: primero, *Las Limitaciones de la Ciencia;* segundo, *El Problema Mente-Cuerpo* (o el *Problema del Sitio del Hombre en el Universo*) e, íntimamente ligado a éstos, el tercero, *El Problema del Libre Albedrío.* Cualquier examen, aunque sólo sea medianamente apropiado de cada una de estas tremendas cuestiones que suscitan tantas controversias, requeriría varios ensayos, pero, puesto que cuento con la aten-

ción esclarecida del amable lector, confío en que unas cuantas observaciones sucintas sobre cada cuestión, sean inteligibles y fructíferas.

Aparte de la separación de la ciencia de los esfuerzos no científicos, se han examinado ampliamente varios tipos de *limitaciones* pretendidamente insuperables de la ciencia. Aunque el famoso *"ignoramus et ignorabimus"* de E. du Bois-Reymond se ha olvidado casi por completo, y la réplica de E. Haeckel, en su obra candorosamente metafísica y dogmática *The Riddle of the Universe* (Los Enigmas del Universo), se encuentra seguramente enterrada en medio de otros fósiles del pensamiento de la época victoriana, existen consideraciones más recientes y más serias relativas a las limitaciones extremas de la explicación y la predicción científicas. La demostración por K. Gödel[6] de la incompletabilidad esencial de todos los sistemas postulados de las matemáticas (que involucren al menos un infinito contable) bien puede ser pertinente para el tipo de matemáticas que se necesitan para la deducción de teoremas en la física teórica moderna. El estado de la incertidumbre mecánica cuántica y el correspondiente y quizá inevitable carácter estadístico de las leyes fundamentales que se refieren a los procesos atómicos y subatómicos, parecen enfrentarnos a una dificultad insuperable dentro de la búsqueda de un orden mundial estrictamente determinista. Las aclaraciones lógicas del tipo de las inferencias que van involucradas en la explicación científica son relativas en dos formas: *una*, que la *explanantia*, o sea, los postulados semejantes a leyes que sirven como premisas dependen, para ser aceptados, de la evidencia siempre en principio incompleta e indirecta de la observación y, *dos*, que dichas premisas quedan ellas mismas sin elucidación en el contexto de la explicación dada. Aunque a menudo ha sido posible elevarse a un estrato superior de explicaciones, siempre hay postulados teóricos que no se deducen y que deben (al menos "hasta nuevo aviso") aceptarse como "hechos en bruto" pertenecientes al orden fundamental de la naturaleza. Los intentos por interpretarlos como lógicamente necesarios o bien como verdades sintéticas *a priori*, se apoyan simplemente en confusiones conceptuales. (Me refiero aquí a las ideas, por lo demás brillantes y refinadas, de H. Poincaré, A. S. Eddington, H. Weyl e incluso a algunas de las inclinaciones más pitagóricas del pensamiento más reciente de Einstein) Análogamente, todo alegato de presuposiciones absolutas o de verdades de intuición o de penetración metafísica usualmente se resuelven en sedativos verbales formulados taimadamente. (¡Demasiados son los filósofos que han vendido sus derechos por una olla de mensaje¡).

Aplicando análisis serenos como éstos a las perenes perplejidades de los problemas de la relación mente-cuerpo (o del sitio del hombre en la naturaleza), cabe preguntar lo que las ciencias y la filosofía pueden hacer con respecto a las llamadas cualidades sin hogar. Me refiero a las cuestiones que han madurado con el tiempo, relativas a la representación supuestamente "abstracta por completo" del universo en la teoría física moderna. En otras palabras, cómo puede el relato que

se admite como vigoroso y exacto del mundo, dado por las más avanzadas teorías físicas, relacionarse con las cualidades que se experimentan de modo inmediato en todas sus cálidas y vívidas variedades, o al menos concordar con ellas. El hecho de que haya quienes se ocupen con renovados bríos de esta cuestión frustratoria, indica que la prolongada represión del problema mente-cuerpo se está finalmente superando. El "behaviorismo" lógico radical, así como el fisicalismo (no digamos ya el craso materialismo) se ven atacados por análisis filosóficos sumamente refinados. Si yo interpreto correctamente los signos de nuestros tiempos, sucede que está gestándose una solución nueva que no es depravadamente reductora ni anhelantemente seductora. Podemos otra vez darnos el lujo de satirizar al "behaviorista" radical (que sostiene que el pensamiento "nada es sino" movimientos subvocales de la laringe), diciendo: "¡ya convenció a su gaznate de que no tiene mente!".

Mío fue el privilegio de sostener, en una tarde, una conversación intensa e inolvidable con Albert Einstein, en la Universidad de Princeton, un año antes de su muerte. Aunque la mayor parte del tiempo hablamos de la lógica y la epistemología de la física moderna, tocamos también el problema mente-cuerpo. A este respecto, Einstein, considerando la índole abstracta de la representación tetradimensional (Minkowski) de partículas y campos, comentó que para una descripción completa de lo que hay en el mundo tendríamos que vincular esa descripción con otra que indique los puntos de "iluminación interna" (metáfora de Einstein para los centros conscientes). Luego, comentó con su característica forma descuidada y con risa animosa: "Ohne diese rein sujektiven Erlebnisse wäre die Walt doch ein blosser Misthaufen!" Traducción: "¡Sin estas experiencias inmediatas puramente subjetivas, el mundo sería un mero montón de porquerías!")

De tal manera alentado, renové mis intentos hacia una solución no reductora, científicamente aceptable y lógicamente defensible, del problema mente-cuerpo. Según yo, la tarea principal consiste en hallar una formulación que reconcilie los aspectos, tanto de la *conciencia* como de la *sapiencia*, con el relato fisicalístico de los procesos biológicos y, en especial, los neurofisiológicos. Desde hace siete años así como en la actualidad, el debate se hace cada vez más pertinente y extensivo.[7] Por supuesto que hay muchos pensadores que tratan de comprender al pensamiento y la experiencia humanos tomando como base la analogía de las computadoras electrónicas. No cabe duda de que los "robotólogos" están haciendo contribuciones importantes e incitantes. (Empero, comprensiblemente, la mayoría de ellos proponen puntos de vista radicalmente fisicalistas). Es indudable que la cibernética y la teoría de la información, según se aplican a los mecanismos neurofisiológicos (en los que se involucran realimentación negativa de datos y sensaciones, circuitos reverberantes, las funciones de la formación reticular y las de los centros sensibles productores de las sensaciones de placer y dolor en el cerebro, etc.) proporcionan resultados emocionantemente novedosos a la explicación *científica* de los com-

portamientos animal y humano. Todo esto ha ayudado enormemente a contrarrestar el enfoque exclusivamente periférico de algunos de los psicólogos behavioristas. ¡Por fin vuelve a ser respetable inquirir qué pasa en el interior de la "caja negra"! Por ende, ciertas construcciones del behaviorismo, como la fuerza del hábito, la señal de la memoria, la intensidad de empuje, etc., pueden identificarse (usando las reglas de correspondencia en el sentido de leyes puente) con los conceptos de proceso central en el cuadro de la neurofisiología. Empero, en concordancia con el aforismo de Einstein, pienso que se necesita un paso más. Si se me da licencia para (mal) usar un dicho francés: "C'est le premier pas qui coûte!", en verdad que es el primero, y quizá también el último, de los pasos filosóficos el que tiene una importancia crucial. Sobre este paso se concentra la actual controversia. ¿Hemos de vincular conceptos mentalistas referentes a la *conciencia*, como si fueran "colgajos nomológicos", al sistema conceptual por lo demás puramente fisicalista? ¿Hemos de admitir la noción de cualidades genuinamente emergentes o podemos extraerle sentido a una identificación de fundamento empírico del evento rotulado y descrito de dos maneras: por un lado en términos neurofisiológicos (y en última instancia microfísicos) y, por el otro, en términos introspectivos mentalistas (o fenomenológicos)? Todo esto se refiere principalmente a la *conciencia. Por lo que hace* a la *sapiencia* cabe preguntar: ¿Podemos identificar la noción mentalista de *intencionalidad* (en la que hacen hincapié muchos filósofos a partir del momento en que Franz Brentano la introdujo como *el* aspecto fundamental de todos los actos mentales) con la relación de designación de la semántica pura? Seguramente que éstas y otras cuestiones conexas y acerbas habrán de suscitar discusiones durante bastante tiempo en el futuro. Mi propia inclinación es en el sentido de empezar con *las cualidades de la experiencia inmediata como el aspecto subjetivo o privado de los procesos neurofisiológicos* a manera de *explicandum* y de ahí proceder por *explicación* lógica y semántica hacia una solución del problema mente-cuerpo, pero en mis días grises me doy cuenta cabal de que está uno expuesto a caer en incongruencias vergonzosas si insiste en hacer justicia a *todas* las facetas capaces de dejarnos perplejos, de este intrigante problema de problemas. Poco asombra, entonces, que Schopenhauer lo haya considerado como el "*Weltknoten*" (el nudo mundo). En verdad que parece que todos los caminos de la filosofía desembocan en el problema mente-cuerpo. Ha permanecido como la cuestión más recalcitrante a través de toda la historia del pensamiento.

Séame permitido mencionar brevemente el único viso de luz que percibo en la oscuridad aterradora: atención más minuciosa a las funciones semánticas y pragmáticas de los vocablos egocéntricos de nuestra lengua, que puede así ayudarnos a enderezar nuestros esfuerzos en pos de la resolución de la perplejidad fundamental. Según se entiende en términos generales, los particulares egocéntricos, a saber, el *Ahora*, el *Aquí* y el *Yo*, pese a ser tan extremadamente útiles en el discurso común y corriente, desaparecen simplemente en el lenguaje

intersubjetivo de la ciencia. En el sistema intersubjetivo quedan reemplazados por descripciones definidas de momentos en el tiempo, ubicaciones en el espacio y personas. La —me siento tentado a decir— "singularidad existencialmente conmovedora" del *Yo*, el *Aquí* y el *Ahora* se pierde en el relato objetivo (como si se "democratizara") del mundo. El *Yo* así se convierte en una persona entre otras, el *Ahora* en un momento entre otros, el *Aquí* en un sitio entre otros. Así pues, entonces (y no sé si algún otro filósofo o lógico ha pensado en ello justamente de esta manera) quizá los predicados que designan cualidades experimentadas inmediatamente, desaparecen análogamente en el relato intersubjetivo y quedan remplazados por predicados que tienen solamente un lugar geométrico en la descripción estructural abstracta de la ciencia. La formación de conceptos y la edificación de teorías en las ciencias físicas son *estructurales* en el sentido de que por sí mismas meramente reflejan la red nomológica, pero no representan explícitamente las cualidades intrínsecas, sean ellas las que fueren. Es concebible que los habitantes de otro planeta tengan en su experiencia inmediata un repertorio de cualidades enteramente diferente al nuestro; y si tuvieran ellos una física y una fisiología utópicamente precisas, pudieran ser capaces de explicar y predecir, por lo menos estadísticamente, todas las fases del comportamiento humano (el de los habitantes de la Tierra) pero, ello no obstante, bien pudieran no tener la comprensión intuitiva, simpática, de las cualidades de las sensaciones, las emociones o los sentimientos humanos.

En pocas palabras, el enfoque enderezado hacia una solución sinóptica del problema mente-cuerpo, que a mí me parece bastante promisorio, es una versión nueva de la teoría de la identidad o de la perspectiva doble del saber. En sus primeras formas, este tipo de solución fue propuesto por algunos de los realistas críticos norteamericanos y alemanes; fue esbozado en las relaciones estructuralistas de teorías y conceptos físicos de Henri Poincaré y A. S. Eddington, y más claramente formulado en los ensayos de Moritz Schlick sobre "Forma y Contenido".[8] Entre los filósofos norteamericanos de tiempos más recientes, debe citarse a F. S. C. Northrop[9] y S. C. Pepper[10] como proponentes enérgicos de una opinión análoga. Mi colega, Grover Maxwell, en varios ensayos todavía sin publicar, ha establecido un realismo estructural bien articulado. El peligro principal —del que se percataba Shlick, pero que no pudo del todo evitar— es entregar de manera inefable al contenido puro. Las cualidades de la experiencia inmediata, lejos de ser inefables, *pueden* conceptualizarse —pero, por supuesto—, en virtud de su estructura lógica. Por tanto, se estaría equivocado si se pretendiera identificar el contenido mental con el puro de las cualidades experimentadas. Sólo aquello que es estrictamente subjetivo o absolutamente privado de dichas cualidades es inefable, y eso por la razón de que estamos aquí (en lo que B. Russell acostumbraba llamar "conocimiento por familiaridad") encarándonos a lo que algunos metafísicos llaman "*ser puro*". Puesto que el verdadero saber participa siempre del carácter de la proposición, las

pretensiones de conocimientos comunicables e intersubjetivamnte susceptibles de probarse se refieren a la *estructura* (o sea, la forma lógica) de esos contenidos mismos. Y si dicha estructura es isomórfica, con ciertos aspectos Gestalt (esto es, configurativos) de los procesos neurofisiológicos en nuestro cerebro, resulta al parecer plausible afirmar que se trata de la mismísima realidad (la realidad numéricamente idéntica) que se conoce, por un lado, merced a un percatarse introspectivo y, por el otro, gracias a las observaciones del comportamiento y de los procesos neurofisiológicos. Todavía quedan muchas dificultades de orden lógico por remontar, con cuidadosos análisis semánticos, pero —si he de aventurarme a una muy atrevida profecía— esta perspectiva apenas bosquejada me parece que es una apuesta buena sobre la futura evolución de la filosofía de la mente.

Quizá sea más una cuestión de decisión terminológica que un profundo aspecto filosófico el que llamemos a la atribución de sensaciones personales consideradas en cuanto a su propia índole, directamente experimentadas y de carácter privado, una inferencia metafísica, esto es, transempírica, no científica, o el que hagamos extensiva la definición de la ciencia a fin de incluir en ella esas inferencias peculiares y que no pueden sujetarse a prueba directamente dentro del dominio de la inferencia científica. Los positivistas lógicos, al menos durante el apogeo del radicalismo del círculo de Viena, consideraron al tema como carente de significado, o bien, al igual que en las posteriores opiniones de Carnap,[11] como una cuestión que pertenece meramente a una selección de lenguaje. Un remanente del verificacionismo vienés es todavía notable, creo yo, en la obra posterior de Ludwig Wittgenstein y en la de algunos de sus discípulos.[12] Como ya se insinuó antes, no creo que sea mucho lo que dependa de la manera en que bauticemos estas formas extremas de la inferencia analógica o inductiva.

Lo que sí importa, empero, es de qué manera interpretamos a la luz del análisis sugerido del problema mente-cuerpo la relación de las ciencias con las artes, la música y la literatura. Deliberadamente no dije "con las humanidades", porque considero a éstas, v. gr., las historias del arte y la literatura, así como la crítica literaria, y la del arte, como disciplinas cognoscitivas que se empeñan, a través del estudio sistemático y el escrutinio escrupuloso, en reclamar para sí jurisdicción sobre conocimientos relativos a sus temas escogidos.

Existe el peligro harto real de simplificaciones excesivas que resultan sumamente engañosas. Precisamente así como F. S. C. Northrop[13] no alcanzó el éxito total en su intento por contrastar y a la vez reconciliar las filosofías occidental y oriental al recalcar la forma conceptual en el pensamiento de Occidente y el contenido intuitivo en el del Oriente, sería del mismo modo análogamente aventurado contrastar las ciencias y las artes en términos de estructura y contenido. Me parece que los aspectos creadores en artes y ciencias tienen mucho en común si se les considera *psicológicamente* pero, ***lógicamente***, esto es, a la luz de las *normas de la crítica*, difieren por cuanto que el orden

de primacía a las artes es exactamente al revés que con respecto a las ciencias. Mientras que en las ciencias la consistencia cognoscitiva y un alto grado de confirmación constituyen los criterios principales y las cualidades estéticas de armonía, elegancia y simetría son secundarias, sucede exactamente lo contrario en las artes. Seguramente que las cualidades de la experiencia inmediata son de importancia suprema en la apreciación de las artes, y ello es así en especial porque aun la estructura de la obra de arte produce cualidades especiales de la experiencia, en contraste con lo cual los datos de la experiencia inmediata desempeñan el doble papel de servir, por un lado como la evidencia en última instancia para ratificación o rectificación y, por el otro, de ser los objetos mismos del conocimiento dentro del limitado dominio de la psicología introspectiva o fenomenológica. Esta, considerada aparte de muchos detalles importantes, me parece ser una caracterización más apropiada de las semejanzas y diferencias entre artes y ciencias que cualquier declaración precipitada y superficial en el sentido que la ciencia es un arte y de que las artes son una especie de ciencia.

Por último, séanme permitidas unas cuantas observaciones sobre una cuestión (en realidad un corolario del problema mente-cuerpo) que ha sido perenne motivo de disputa entre científicos y filósofos, a saber, el problema del determinismo y del libre albedrío. La cuestión de si el mundo queda sujeto en última instancia a un determinismo o a un indeterminismo resulta imposible de contestar y es realmente irresponsable puesto que no puede haber criterio para la última instancia. ¡No conoceríamos la última instancia ni aunque la viéramos! La especulación metafísica aquí nos parece por entero inconcluyente si no es que absolutamente fútil. Todo lo que puede afirmarse es que, desde la interpretación estadística de la mecánica cuántica y de ondas de Max Born[14] en 1926 y los varios intentos realizados por Einstein, Bohm, de Broglie, Vigier y otros para restituir a la física moderna una base estrictamente determinista, todos los esfuerzos en ese sentido han fracasado hasta ahora. La enorme mayoría de los físicos de la actualidad se ha reconciliado, y bastante, con la idea de leyes estadísticas fundamentales y, por ende, de explicación y predicción, basadas en el cálculo de probabilidades. Algunos, en realidad, parecen incluso decir —a manera de alegato que providencialmente les salva— que nunca desearon un determinismo cien por ciento puro. Usando la locución "causalidad estadística", tienden incluso a hacer borrosa la cuestión si no es que a hacernos creer que las leyes de la mecánica de los cuantos son deterministas en tanto que la magnitud cardinal '**P**' en las ecuaciones de diferenciales parciales de Schrodinger se comporta igual que las variables de la física determinista clásica.[15] Sin embargo, justamente el punto esencial de la opinión de Max Born (que tiene aceptación general) es que '**P**' por sí misma considerada no es magnitud que tenga que ver con acontecimientos reales en el espacio y en el tiempo, pero que $|\mathbf{P}|^2$ sí representa la probabilidad de tales acontecimientos. En otras palabras, las interacciones entre partícu-

las y las que se dan entre partículas y campos —que, de acuerdo con la física actual, son los procesos básicos del universo— son una cuestión del ámbito de las leyes de la *estadística*.

Pasma y considero que es bastante penoso el que incluso algunos pensadores prominentes hayan tomado la indeterminación de la física moderna como fundamento del libre albedrío. Debiera ser totalmente claro, al menos desde que David Hume, en el siglo XVIII analizó brillantemente el problema del libre albedrío, que dicho problema, en su forma tradicional, gravita sobre una confusión del determinismo causal con la compulsión (coerción, constreñimiento) y la correspondiente confusión del libre albedrío con el azar absoluto. Si aceptamos hasta nuevo aviso las magnitudes de la mecánica cuántica como la "última instancia" de la naturaleza, ello nos daría —por amplificación a lo más— acontecimientos al azar absolutos en el comportamiento humano, y esto es algo muy diferente del tipo de libre selección que la responsabilidad moral presupone. En realidad, todo lo contrario. Como ya lo expresó el difunto Dickinson S. Miller (escribiendo con el seudónimo de R. E. Hobart) en el título mismo de un ensayo notable, "el libre albedrío involucra al determinismo y es inconcebible sin él".[16] Es sumamente lamentable que se mantenga incomprendida tan ampliamente esta percepción fundamental. El tipo de libre selección que nos es dado realizar claramente consiste, negativamente, en la ausencia de compulsión y, positivamente, en nuestra capacidad de escoger y actuar de acuerdo con nuestra personalidad y nuestro carácter fundamentales. Que tales personalidad y carácter, a su vez, los determina nuestra constitución heredada más una gama variada de influencias del medio, de ningún modo detracta aquellos grados genuinos de libertad que en realidad poseemos. *Somos* los hacedores de nuestros hechos, porque somos (al menos en la mayoría de las situaciones normales de la vida) eslabones esenciales en las cadenas causales de los acontecimientos que forman la historia de la humanidad. Somos responsables, en tanto que respondemos a la influencias (educativas, sociopolíticas, legales, penales, etc.) que la sociedad tiene a su disposición para moldear nuestras actitudes. El punto importante de pesar, remordimiento y arrepentimiento consiste en que es pragmáticamente de expectativa y no meramente retrospectivo, como se aprecia en la frase: "Quisiera no haberlo hecho". Es, más bien, la resolución, firmemente adoptada al efecto, de que en la próxima ocasión habremos de actuar de manera diferente.

En este punto surge inevitablemente la interrogante en el sentido de si los principios básicos de la ética pueden deducirse de las proposiciones científicamente confirmadas sobre la naturaleza del hombre. Muchos empiristas y positivistas, desde la época de los análisis incisivos de David Hume, han contestado dicha interrogante en sentido negativo: el "debiera" moral no puede deducirse del "es" factual empírico. Aunque considero que tal conclusión es en esencia correcta, me parece un tanto despistadora en su inflexible aspereza. A buen seguro que es difícil evitar *petiones principii* en la justificación de las máximas fundamentales de la moral.[17] Los filósofos de inclinación científica repudian las premisas metafísicas y teológicas, pero quizá no han apreciado suficientemente las verdades de la ética aristotélica. Indebidamente impresionados por el relativismo ético de los antropólogos del siglo XIX, no se percataron de que, aunque hay un pluralismo y un relativismo de *los modos de ser* (esto es, las costumbres de la masa), existen no obstante ciertos aspectos *comunes* y constantes en los ideales *morales* de la mayoría de las culturas, lo mismo antiguas que modernas, orientales que occidentales. Es, por supuesto, deplorable que no nos ajustemos totalmente a dichas normas éticas fundamentales, que en realidad hayamos sido testigos en nuestros tiempos incluso de algunas de las más horribles violaciones de ellas, pero eso nada hace por confutar que la conciencia humana, en el contexto social de los procesos del vivir juntos, haya llegado a insistir en la vigencia de los ideales morales de justicia y equidad, bondad y amor, así como en el perfeccionamiento de sí mismo.

En vista de la aplicación cada vez más rápida y extensiva de la ciencia a los asuntos humanos, será imperativo seguir escrutando desde un punto de vista moral los efectos de la automatización, la planeación socioeconómica y política, los usos de las armas nuevas en los conflictos armados internacionales, etc. Los temas controvertibles de la planeación familiar, la eugenesia, la eutanasia, la "ingeniería" biológica, deben discutirse con la mente abierta y el espíritu crítico, pero también comprometiéndose firmemente a preservar el valor y la dignidad de cada uno de los seres humanos. El castigo entonces no se considerará ya como retribución o represalia sino que, cada vez que sea factible, debe transformarse en una nueva educación, psicoterapia y trabajo social constructivo. Por tanto, los compromisos fundamentales morales serán algo natural, en lugar de considerarse como exigencias de una conciencia rigurosa y punitiva. Necesitará la humanidad desarrollarse hasta alcanzar la plena madurez; la guerra se convertirá en medio anacrónico de resolver conflictos de intereses. Hasta ahora, la preciosa posesión del hombre que es la razón y su buena voluntad, se han aplicado, en términos generales, de manera harto insuficiente para la solución de sus problemas prácticas más urgentes. Tenemos en verdad la capacidad de deliberación racional, la de escoger libremente entre sendas de alternativa para la acción y, filosófica y científicamente hablando, nada hay en todo esto que exija un indeterminismo en el comportamiento o una acción cartesiana sobre el cuerpo, de una mente o un alma pura.

Las incertidumbres de los problemas tradicionales de mente-cuerpo y del libre albedrío vs el determinismo, se han contado entre los obstáculos más importantes para la comprensión mutua de científicos y humanistas. Una vez que se eviten las confusiones y se elimine la faceta irritante de los problemas relativos al sitio del hombre en la naturaleza, quedará abierto el camino hacia un humanismo científico genuino. Creo y espero que sea ésta una filosofía apropiada para nuestra era de la ciencia.

NOTAS

[1] Hans Reichenbach, *Experience and Prediction* (Chicago, 1938).
[2] Para exposiciones lúcidas recientes véase C. G. Hempel, *Philosophy of Natural Science* (Englewoods Cliffs, N. J., 1966) y R. Carnap, *Philosophical Foundations of Physics* (Nueva York, 1966).
[3] Cotejar *British Journal for the Philosophy of Science* (años recientes) varios artículos de Popper, Bar-Hillel y otros (sobre la probabilidad y la inducción).
[4] Cotejar especialmente con P. K. Feyerabend, "Problemas del Empirismo", en R. G. Colodny, ed., *Beyond the Edge of Certainty* (Englewood Cliffs, N. J., 1965).
[5] Ernest Nagel, *The Structure of Science* (Nueva York, 1961).
[6] Cotejar Ernest Nagel y James R. Newman, *Gödel's Proof* (Nueva York, 1958).
[7] Cotejar Herbert Feigl, "Lo Mental y lo Físico" en el volumen 2, *Minnesota Studies in the Philosophy of Science* (Minneapolis, 1958); J. J. C. Smart, *Philosophy and Scientific Realism* (Nueva York, 1963); Wilfrid Sellars, "El Empirismo y la Filosofía de la Mente", en el volumen 1 de *Minnesota Studies in the Philosophy of Science* (Minneapolis, 1956); Paul E. Meehl, "The Compleat Autocerebroscopist", en la obra de Paul K. Feyerabend y Grover Maxwell, eds., *Mind, Matter and Method* (Minneapolis, 1966).
[8] Moritz Schlick, *Gesammelte Aufasaetze* (Viena, 1938).
[9] F. S. C. Northrop, *The Logre of the Sciences and the Humanities* (Nueva York, 1947).
[10] S. C. Pepper, "The Neural Identity Theory", en el ensayo de S. Hook, ed., *Dimensions of Mind* (Nueva York, 1960); *Concept and Quality* (publicación próxima).
[11] Paul A. Schilpp, ed., *The Philosophy of Rudolph Carnap,* en Biblioteca de Filósofos Vivientes (LaSalle, Illinois, 1964).
[12] Ludwig Wittgenstein, *Philosophical Investigations* (Nueva York, 1953); Norman Malcolm, *Dreaming* (Londres, 1959).
[13] F. S. C. Northrop, *The Meeting of East and West* (Nueva York, 1946).
[14] Max Born, *Natural Philosophy of Cause and Chance* (Londres, 1951).
[15] Ernest Nagel, *The Structure of Science* (Nueva York, 1961).
[16] R. E. Hobart, "El Libre Albedrío involucrando el determinismo e inconcebible sin él", en *Mind* (Enero de 1934).
[17] Herbert Feigl, "Validation and Vindication: An Analysis of the Nature and the Limits of Ethical Arguments", en la obra de W. Sellars y J. Hospers, eds., *Readings in Ethical Theory* (Nueva York, 1952).

6

LA CIENCIA Y LA RELIGION: UNA REVALUACION

John E. Smith

Desde hace ya algún tiempo nadie ha hablado seriamente de un tema que antes se conocía con la melodramática frase de "la guerra entre la ciencia y la religión" (o la teología, según fuera el caso). La razón de ello es que no son ya tan evidentes las hostilidades declaradas, del tipo de las que tuvieron lugar en Inglaterra y Estados Unidos en relación con la teoría de la evolución. A buen seguro que en algunas partes todavía se libra una especie de "guerra fría", pero hay en la actualidad una mejor comprensión que antes, de las fuentes de confusión y error que hubo en ambos lados, por ejemplo, en los encuentros clásicos por causa de la evolución. Más recientemente, el efecto obvio de la ciencia sobre la vida moderna, aunado al interés renovado en la historia y la filosofía de la ciencia, junto con la aparición de un desasosiego nuevo con respecto al problema de la *verdad* en la religión, han tenido el efecto de obligarnos a examinar con más cuidado las relaciones entre las afirmaciones religiosas y los pronunciamientos del conocimiento científico.

No hay que suponer que el preocuparse nuevamente por las relaciones entre la ciencia y la religión necesariamente signifique un retorno a las "hostilidades" del pasado, aunque tampoco hay por qué dudar de la existencia de fundamentalistas en ambos lados, que sostengan el punto de vista de que los conocimientos científicos han hecho superflua a la religión, o bien el de que la religión debe desentenderse de la ciencia, por ser obra de Satanás. Empero, sea cual fuere

el antagonismo que haya todavía, podemos afirmar con bastante seguridad que quienquiera que haya sido testigo que de los choques entre filósofos y sacerdotes, por ejemplo, en el siglo XIX, sabe cuán completo fue el triunfo de la retórica, lo mismo sobre la teología que sobre la ciencia. Como ya hizo notar un decidor ingenioso, toda la controversia podría haberse liquidado si ambos bandos hubieran querido aceptar que "¡el hombre es el gran simio que se las arregló para salir adelante!" El motivo de preocupación actual se refiere a una comprensión mucho más básica, no sólo de las causas fundamentales que pudieran haber hecho posible aquella disputa sino, también, de la manera en que ha de relacionarse con la concepción científica del mundo la interpretación religiosa de la realidad. Al pensador siempre le resulta embarazosa la idea de que las cuestiones fundamentales se resuelvan por omisión o, lo que es peor, por indiferencia o descuido. No importa cuán extraviados anduvieran los disputadores del siglo pasado, lo cierto es que no se les podía acusar de apatía o de indiferencia, pues harto dispuestos estaban a luchar por sus convicciones. Si el hecho de que no discutamos sobre esas cuestiones es señal de indiferencia, ésta es entonces una marca en contra nuestra y se nos ha de juzgar como menos sinceros que nuestros antepasados.

Por otro lado, actualmente evoluciona ya un nuevo sentido del entrelazamiento de las cosas. Es cada vez más claro que la interpretación religiosa del hombre y del mundo se refiere a la misma realidad que nuestros conocimientos científicos dan a entender que es cierta. Si así es, resulta inevitable una teoría de las relaciones entre la ciencia y la religión. Todavía más, puesto que a la religión le importa la realidad y se pliega a la verdad en todas sus formas; quienes tengan fe se empeñarán siempre en descubrir qué implicaciones hay en los conocimientos científicos para la religión y en relacionar el contenido de la fe con todo el saber que pueda alcanzarse. Los hombres de ciencia, cierto es, no siempre aceptan tener una obligación recíproca, pero esa es otra cuestión, que no puede resolverse aquí. En realidad, no hay "hombre de ciencia" en el sentido de que haya quien base el total de su vida, tanto en lo intelectual como en lo práctico, exclusivamente sobre las expresiones o declaraciones de la ciencia exacta. Cuando el científico, como persona humana total, se encara a su propio ser y a los problemas concomitantes de su objeto y su destino como individuo viviente, se convierte en hombre de fe, si no religiosa, si estética, moral o aun política. En el punto y hora en que deja bien clara cuál es la base de su propia convicción, hereda el problema de relacionar el conocimiento científico con la fe que tiene, sea ésta cual fuere.

Que la ciencia moderna ha transformado, y en gran medida determina la vida moderna, es algo excesivamente bien sabido para elaborar más sobre ello. Este hecho significa que no hay aspecto de la vida moderna que pueda permanecer al margen de toda relación con la ciencia, lo mismo considerada como empresa o manera de enfocar al mundo que como un conjunto de resultados, y quizá fuera bueno indicar desde luego que por conocimiento científico no se entiende únicamente la física, o las ramas de ésta, sino la variedad entera de las investigaciones empíricas que puedan llevarse a cabo sobre base experimental y de manera controlada, incluyendo la historia, la arqueología y la filología, aparte de todo el espectro de las llamadas ciencias del hombre. El hecho de la ubicuidad de la ciencia, tanto la pura como la aplicada, significa que desde cualquier perspectiva y en defensa de cualquier interés que se quiera, no es posible soslayarla.

El primer paso para habérselas con nuestro problema consiste en establecer una distinción entre los puntos de vista con arreglo a los cuales la ciencia y la religión entran en relación inmediata o según los cuales se cree que se afrontan, por así decirlo, "limpiamente" y aquellas opiniones, por otro lado, de acuerdo con las cuales la ciencia y la religión jamás se encaran entre sí de manera inmediata sino únicamente a través del medio interpretativo de la filosofía (o de la teología, si se la considera como la expresión sistemática de la doctrina religiosa). En este último caso, se pueden comparar distintos sistemas de ideas y aspectos de la experiencia y expresarse las relaciones entre ellos únicamente a través de una perspectiva general o de una teoría totalizadora de la realidad. La distinción entre aquellos dos puntos de vista es en sí una distinción filosófica y señala dos maneras muy diferentes de ver al mundo y nuestra experiencia en él. Toda discusión de las relaciones entre la ciencia y la religión es, al mismo tiempo, un debate filosófico y, en algunos casos, también una disquisición teológica.

LA CIENCIA Y LA RELIGIÓN EN SU CONFRONTACIÓN INMEDIATA

Cualquiera que sea la posición filosófica que sostengamos, mejor es comenzar por aceptar que llegamos a la discusión de nuestro tópico poseyendo ya una conciencia preteórica de los designios fundamentalmente diferentes de la ciencia y la religión. La ciencia aspira a alcanzar una explicación causal, teórica, de todas las cosas, en términos que son esencialmente matemáticos —aunque el grado de tratamiento matemático posible no será el mismo en todas las ciencias— mientras que la religión ve todo desde la atalaya de un último terreno y propósito para todas las cosas; la religión se afana en diagnosticar el defecto o la imperfección que separa de Dios a la existencia y en ofrecer al hombre una resolución del predicamento humano desde la perspectiva de lo divino. A la religión le preocupa más *interpretar* el significado y el objeto de la vida que *explicar* la vida en términos causales. La diferencia fundamental entre la búsqueda para explicarlo todo y la búsqueda para alcanzar la plena realización personal o, en términos religiosos, alcanzar la salvación, es la diferencia que mantiene a la ciencia apartada de la religión y la que demarca para una y otra un dominio, sobre el cual rige de manera absoluta, pese a todos aquellos puntos en que ambas se relacionan positivamente.

De acuerdo con las diferencias de intención anteriormente citadas, hay que admitir, desde el principio, que donde una estructura religiosa integre en su seno, asertos relativos al mundo, que sean, desde un punto de vista científico, claramente erróneos o de alguna manera dependa de ellos, preciso es que se abandonen tales asertos y, si es necesario, vuelva a plantearse la doctrina religiosa. En este sentido prevalece la autonomía del saber científico y preciso es que se la respete. Por otro lado, debe también acatarse la autonomía de la religión de manera que, por ejemplo, la cuestión de si es legítimo, y en qué sentido lo es, hablar de Dios como "dios personal" es de naturaleza que queda más allá del alcance del saber científico y, por ende, nada puede decidirse sobre ella si no es tomando como base consideraciones religiosas y teológicas. Empero, si como posteriormente habré de argüir, la religión y la ciencia no se confrontan entre sí inmediata y directamente, muy pocos casos habrá en que podamos afirmar sin salvedades que a un aserto religioso dado lo niega o contradice rotundamente alguna proposición derivada de la ciencia. Una situación así surgiría únicamente donde prevaleciera una concepción literal de la Biblia y donde se pensara que la Biblia es un conjunto de proposiciones absolutamente ciertas relativas a todo tema bajo el Sol, pero ninguna necesidad hay de considerar de esa manera a la Biblia, que en esencia no es sino la relación de los significados religiosos. El hombre religioso aceptará desde luego, que, cuando la doctrina religiosa dependa de información errónea o de algo que es demostrablemente falso desde el punto de vista científico, es necesario un ajuste a fin de que la religión preserve consistentemente su compromiso con la verdad Afortunada o desgraciadamente, dependiendo de cuál sea la perspectiva personal, hay menos casos de contradicción rotunda entre las creencias religiosas y los conocimientos científicos de los que pudieran suponerse. En la controversia sobre la evolución, por ejemplo, sucedió que los teólogos y los científicos, por igual, pensaron que la teoría darwiniana que explica el origen de las especies contradice la doctrina cristiana de la creación tomada según un sentido absolutista y en gran parte no especificado, pero un enfoque más cuidadoso pone de relieve que hay contradicción *únicamente* si la doctrina religiosa demanda para todas y cada una de las especies identificables un acto de creación por separado, entendido en un sentido que excluyera la influencia mutua en las trayectorias de desarrollo.

Aun entonces, todavía quedaría espacio para la discusión, puesto que nunca podemos estar del todo seguros de que nuestros conceptos son absolutamente precisos y de que el punto exacto en *disputa* se ha localizado y expresado claramente. El hecho de que el propio Darwin considerara su teoría como excluidora explícitamente de actos de creación por separado no pone fin a la cuestión, porque todavía tiene que dejarse bien claro el significado de la doctrina de la creación desde el lado teológico. El punto es que la doctrina religiosa está arraigada en una tradición del pensamiento que constantemente se reinterpreta; no debe en modo alguno identificarse con lo que a algún individuo que carece de adiestramiento sobre el tema le da por pensar que significa o, aún peor, lo que debe significar. El punto de esta secuencia de discusión es claro: dondequiera que podamos confiadamente descubrir una contradicción rotunda entre una declaración de la doctrina religiosa y otra del conocimiento científico, será preciso que el lado religioso acate el hecho y realice un ajuste. De cualquier manera, la religión nada tiene invertido en la falsedad y, además, el designio que controla toda percepción religiosa no incluye la investigación teórica de la constitución y la determinación causal de la realidad, pues ni biblia ni credos son manuales científicos.

Regresemos al punto principal. Hay dos atalayas: una se levanta sobre el lado de la ciencia y la otra arraiga en la religión; desde ahí se considera que ciencia y religión se confrontan de manera inmediata, siendo el resultado que cada una de ellas excluye totalmente a la otra puesto que, por así decirlo, cada una está edificada para abarcar todo el terreno, de modo entonces que el éxito de la una se considera en cierto modo como la detracción de la otra. Las dos eminencias en cuestión usualmente se han conocido con los nombres de *positivismo* y *misticismo* (o pietismo), respectivamente. Aunque bien pudiera suponerse que no hay dos perspectivas que pudieran estar más apartadas dentro del espectro filosófico, la verdad más honda es que al final se juntan, unidas por su común devoción al hecho escueto y puro, lo mismo científico que teológico. La perspectiva positivista se basa en la proposición fundamental de que los métodos y las conclusiones de las ciencias naturales agotan tanto el campo del saber como el de la verdad y, consecuentemente, de aquellos aspectos de la experiencia que hallan su expresión en la ética, la religión, la estética y, en realidad, en la filosofía misma, caen más allá de la esfera del saber o debajo de ella. Desde esta altura, no expresa la religión verdad alguna sobre el mundo excepto, quizá, en el sentido trivial de que cabe verificar el hecho de que ocurren los sentimientos humanos que se expresan en relación con el lenguaje religioso, o que lo acompañan. Cualesquiera proposiciones verdaderas, si las hay, están contenidas en la expresión religiosa o se expresan en conjunción con ella, y son idénticas a las declaraciones que suministran información las que, a su vez, son idénticas a las proposiciones de las ciencias especiales. La perspectiva religiosa sobre este punto de vista no se arraiga en hechos objetivos sino en sentimientos y emociones; la religión puede bien exaltar por su grandeza poética o ser importante como medio para auxiliarnos a cumplir con nuestro deber moral, pero no tiene una calidad cognoscitiva legítima. Desde la eminencia del más viejo y más estricto criterio de significado positivista, la parte principal de la expresión religiosa se condena como vacía porque, literalmente, carece de sentido.

No pretendo considerar la cuestión que surge aquí ni calcular hasta qué punto sus representantes en la actualidad aceptan la perspectiva positivista en su forma más estricta. Más importante es comprender las consecuencias para las relaciones entre ciencia y religión

que esta perspectiva impone. Dichas consecuencias son tres en número. Primero, religión y ciencia nada tienen de esencial que hacer la una con la otra por cuanto que no hay relaciones inteligibles entre el mundo del hecho puro, objetivo, que la ciencia revela, y el mundo del sentimiento y la fantasía, en que se mueve la religión. Segundo, el dominio de lo cognoscitivo es coextensivo con las declaraciones de las así llamadas ciencias positivas, y todas las otras formas de la experiencia intelectual y cultural se reducen a sensación y convención, con el resultado final de que no puede haber cánones o criterios para juzgar las declaraciones religiosas con arreglo a sus propias condiciones. Tercero, los problemas de la vida humana, que según la religión caen bajo su jurisdicción, se abandonan para que sean el azar y la costumbre los que los solucionen o bien se proponen con el molde de la moral, el arte o la política, substitutos seculares y finitos para nuestra devoción ya en última instancia. A fin de cuentas, la religión no puede ser en sentido alguno racional y la ciencia, más el mundo que ella nos revela, está separada de cualquier significado o propósito trascendental. Hay dos mundos distintos; uno de hechos puros y el otro de pura emoción, y nada tienen que hacer el uno con el otro.

Estas consecuencias, en gran medida negativas, arrancan del supuesto de que, para ser significativas o verdaderas en un sentido cualquiera, tendrían que descubrirse las doctrinas religiosas y luego fundamentarse de la misma manera en que se alcanzan y sostienen las de las ciencias naturales. La demanda por cuenta del conocimiento científico de que se agote la esfera de lo cognoscible, a la vez empequeñece esa esfera y obliga a que la religión caiga en el seno de lo emocional.

Desde la orilla religiosa vemos que en algunas formas de misticismo, de pietismo y de teología puramente confesional, existe la misma falta de liga entre los dos mundos, pero en esta ocasión es la esfera de lo divino la que pretende abarcar todo el terreno y la ciencia se deja reducida a nada. Una vez más se formula la suposición de que la ciencia y la religión se confrontan entre sí de manera inmediata y sin la necesidad ni la posibilidad de una mediación dialéctica o filosófica entre ellas. Desde estas atalayas religiosas, la ciencia, y en realidad todo conocimiento secular, se ven como impertinentes y de ninguna manera inteligible enlazados con la intuición mística de la unidad divina o de la doctrina de Dios, que proviene de una revelación que es totalmente discontinua con respecto a las facultades cognoscitivas del hombre. Desde el punto de vista místico, el conocimiento científico es finito y limitado, perteneciente a un mundo evanescente y en última instancia desligado de la realidad religiosa. No hay conocimiento o realidad revelado desde un punto de vista científico que tenga peso alguno sobre la interpretación de lo divino y, ciertamente, desde el punto de vista místico, ninguna interpretación de tal índole es posible en términos literales, conceptuales, porque eso daría por resultado hacer finito a Dios o reducirlo al estado de un objeto finito subordinado al orden natural circundante. La esfera de lo místico es la de la penetración expresada con símbolos, y no la del hecho científico que se expresa con proposiciones. De manera análoga, desde el punto de vista de la teología confesional de la actualidad, la ciencia y los conocimientos seculares pertenecen a la esfera tecnológica, pero no deben en manera alguna intervenir en la elaboración del contenido revelado de la religión, que de cualquier manera es preciso preservar para que no se disuelva en perspectivas seculares. Cualquier cosa que se descubra relativa al mundo secular nada significa esencialmente para la verdad religiosa, por lo que, por ejemplo, la investigación histórica y arqueológica de los orígenes cristianos, que por lo demás pudiera suprimirse, no puede ocasionar, vista desde la eminencia en que está la teología confesional, cambio alguno esencial en el contenido de la doctrina teológica.

No necesitamos ya elaborar más sobre el punto ilustrado en las posiciones recién indicadas. Ni una ni otra forma de solución positivista —y los puntos de vista religiosos mencionados representan al positivismo en la teología— da cuenta adecuada de la relación entre ciencia y religión. Cabe que sean distintas las dos, pero distinguirlas no es lo mismo que negar todas las relaciones entre ellas. No puede ser a fin de cuentas satisfactoria una solución que no hace más que colocar a las dos en dominios separados o que intenta hacer caso omiso de una al tiempo que hace absoluta a la otra. Los problemas religiosos persisten y persistirán mientras el hombre sea hombre; la ciencia permanece y continúa avanzando y seguirá avanzando mientras esté el hombre, pero el hecho de que el hombre vive y se mueve y prosigue su preocupación religiosa en el mismísimo mundo que la ciencia busca explicar, es el hecho crucial que coloca en el punto cero a todas las soluciones que terminen en dos esferas que no se intersectan entre sí. Ciencia y religión hallan sus propias naturalezas intrínsecas en todo aquello que se entrelaza; además, existen en el mismo mundo. Sería un fenómeno de lo más peculiar si hubieran ellas mismas de permanecer sin conexión alguna, excepto por la relación de diferencia total o de completa separación.

El defecto principal de la solución de las dos esferas que no se tocan es en última instancia un defecto filosófico, un defecto en la concepción fundamental. Es el error de suponer que dos empresas distintas y complejas pueden obligarse a entrar en una relación inmediata, porque llevar ciencia y religión a la confrontación inmediata sólo puede tener éxito en desarrollar los aspectos en que difieren más profundamente y a través de los cuales sus diferentes intenciones se hacen contrastar lo más agudamente posible. Si empero, recurrimos a un enfoque menos abstracto del problema, vemos en seguida que la ciencia y la religión están ligadas entre sí, no en forma inmediata pero sí en virtud del hecho de que las dos están involucradas en un todo de la experiencia que trasciende a ambas. La ciencia y la religión, cada una de por sí, tienen su sitio en la estructura de la vida del hombre en el mundo y, aunque ni una ni otra se limite exclusivamente al hombre y sus cuitas, una teoría de sus relaciones se convierte tanto

en posible como en necesaria, porque cada una se concentra en un aspecto definible de la misma realidad. Las ligas positivas entre las doctrinas y el saber teórico, exacto, del hombre y del mundo, no resultan evidentes inmediatamente; pueden quedar claras únicamente merced a una interpretación filosófica que se endereze, por un lado, a descubrir qué posible peso tiene el conocimiento nuevo sobre las doctrinas antiguas y, por el otro, a descubrir cuáles son las implicaciones de las doctrinas antiguas para el uso apropiado de tal conocimiento nuevo. La actividad de la filosofía es la del *intérprete* que, parado entre la religión y la ciencia, pone de manifiesto aspectos pertinentes o descubre facetas que no lo son, localiza problemas genuinos donde existen y procura en todo momento que cada lado comprenda cuáles son las metas y los métodos del otro. La introducción del intéprete es a la vez la introducción del enfoque dialéctico del problema. Podemos ahora considerar la relación entre la ciencia y la religión, comenzando con el punto de vista de que las dos pueden tratarse únicamente con respecto a un todo más amplio de la experiencia, filosóficamente interpretado.

LA CIENCIA Y LA RELIGIÓN EN SU RELACIÓN DIALÉCTICA

La ciencia, según una magnífica definición que ofreció Einstein hace algunos años, "es el empeño de ligar por medio del pensamiento sistemático los fenómenos perceptibles de este mundo en una unión tan completa como sea posible".[1] La religión, por otro lado, es la inquietud del hombre por alcanzar una devoción ilimitada hacia Dios, entendida como razón de ser y meta de la existencia; en contraste con la ciencia, que puede y debe habérselas con sistemas finitos y aislables, compete a la religión el tono, la calidad de la vida humana como un todo y la existencia como un todo. Las doctrinas de la religión y las conclusiones de la ciencia han evolucionado a partir de enfoques diferentes del mundo. La percepción religiosa brota de un extenso proceso histórico de descubrimiento o revelación divinos en que está involucrada la interpretación profética de la naturaleza de la vida humana y de su razón de ser. En el curso del tiempo, la percepción religiosa encuentra expresión más amplia en la forma de sistemas teológicos, que se alimentan en términos generales de los recursos de la filosofía y los conocimientos seculares. Las conclusiones de la ciencia, por otro lado, se han alcanzado conforme a ese método crítico y cooperativo de pruebas que todos relacionan con el enfoque empírico. En vista de sus obvias diferencias en cuanto a intención y contenido, no hay base para suponer que *tiene* que haber un conflicto entre los dos. En realidad, aparte de ejemplos específicos en que se involucran alguna doctrina teológica en particular y algunas conclusiones particulares de la ciencia que pudieran interpretarse como capaces de generar un conflicto, no hay necesidad de declaraciones *a priori* en el sentido de que un conflicto necesario está tomando lugar. Puesto que la religión se halla comprometida a sostener la verdad en todas sus formas, podemos afirmar que ninguna necesidad tiene el punto de vista religioso de dificultar el progreso científico o de verse involucrado en la perpetuación de lo que es, desde el punto de vista científico, falso,

Lo que más necesita entenderse es que la suposición de un conflicto necesario es una hipótesis *filosófica* y, en algunos casos, un dogma filosófico. El conflicto en cuestión no surge entre ciencia como tal y religión sino, más bien, entre una opinión religiosa sobre la existencia y un punto de vista que, en ocasiones, se define como la "perspectiva científica". Dicho punto de vista no se basa singularmente en una sola ciencia o en una ley o teoría científica, sino que es más bien una perspectiva filosófica general que pretende expresar la forma en que es preciso ver al mundo si se desea estar de acuerdo con el enfoque científico de la realidad. Pero, contrariamente a mucho de lo que se ha escrito y de lo que sigue creyéndose sobre este tópico, los conocimientos científicos como tales no imponen en manera alguna la necesidad de un solo sistema filosófico en particular. Si la tarea que emprende la ciencia se generaliza en una posición metafísica que defina la índole de las cosas como tales, esa metafísica habrá de sostenerse por sí misma en relación con sistemas del mismo tipo lógico que puedan constituir una alternativa. La "perspectiva científica" en la forma de metafísica no goza de una posición privilegiada simplemente porque se suponga originalmente derivada de la ciencia. Mucho daño han causado quienes prolongan la ciencia, entendida como un método y como programa unificado, dentro de la estructura de la filosofía y luego reclaman la autoridad que confiere la ciencia para esta filosofía que no es ciencia. Es como si se construyera un caballo mecánico ideado para correr por lo menos 15 kilómetros por hora más aprisa que los caballos ordinarios y luego se clamara que de hecho se trata de un caballo común y corriente que, de manera harto peculiar, gana cada vez que corre. Si podemos evitar los antagonismos y los malos entendimientos que provienen de la creencia de que la ciencia impone una de las filosofías —usualmente una filosofía naturalista que se dice excluye a Dios, a las causas finales y a la variedad entera de las experiencias vividas— lo que evidentemente entra en conflicto con la perspectiva religiosa, quedará entonces libre el camino para una empresa mucho más importante y constructiva, a saber, la exploración filosófica de *ejemplos específicos* de interacción entre la religión y la ciencia con el objeto de llegar a conocer por lo menos tres relaciones posibles que pueden darse entre las dos.

Hay tres puntos en los cuales la mediación filosófica puede servir para señalar las relaciones entre ciencia y religión y crear así una comunidad de comprensión capaz de contener posibles conflictos y de tornarlos en una discusión viable, por contraste con un silencio hostil. *Primero,* hay la posibilidad de señalar las contribuciones mutuas de cada uno para la vida del otro; *segundo,* hay la posibilidad de mostrar que los progresos en conocimientos harán necesaria la reinter-

pretación de la doctrina antigua por parte de la religión y, también, que el tener que interpretar tales avances desde la atalaya religiosa tendrá el efecto de absorber de la fuente de percepciones religiosas para obtener implicaciones hasta ahora no descubiertas; *tercero,* hay la posibilidad de que los puntos específicos en los que se alega que el conflicto, ocurre, puedan analizarse más cuidadosamente con el propósito de localizar un tema a discutir y formularlo con precisión, de manera que sepamos si en realidad ocurre un conflicto entre la ciencia y la religión o si, en lugar de eso, tenemos un conflicto entre una extrapolación proveniente de la ciencia y una pretensión teológica. Este último no se define propiamente como un conflicto entre la religión y la ciencia; es más bien una disputa filosófica o una controversia teológica.

El enfoque constructivo que se propone se atiene en gran medida a un hecho relativo al mundo y a la vida humana, a saber, que proceso o desarrollo son reales y que ni nuestros conocimientos ni el curso de los acontecimientos se muestran por entero ante nosotros. Se entiende que se ha de aplicar la doctrina religiosa a un mundo que en la realidad no se comprende totalmente y que se halla todavía en el proceso de ser conocido; no podemos decir por anticipado qué ajustes futuros se requerirán en la interacción entre religión y conocimientos científicos. Por otro lado, no se conocen actualmente las implicaciones totales ni de la doctrina religiosa ni de los conocimientos científicos, y pueden convertirse en conocidos únicamente merced a una posterior interacción en que se realice el intento de ver de qué manera la antigua doctrina religiosa se relaciona con la información moderna reciente. La tarea por delante es creadora y constructiva; no pueden vaticinarse sus detalles ni quedar encerrados en una fórmula general. Se realiza mejor la tarea por medio del tratamiento de casos específicos que por medio de declaraciones que todo lo abarquen sobre cuál debe o no debe ser el caso.

Recurriendo a las ilustraciones para cada caso, es posible alcanzar un significado más preciso de las tres relaciones que se han propuesto. Al mismo tiempo, al atender a las ilustraciones, será posible ver lo que realmente queda por hacer en cuanto a análisis e interpretación. Primeramente, con relación a las contribuciones de la religión en favor del conocimiento científico y viceversa, pueden citarse dos ejemplos de lo más notable e importantes. Históricamente, una de las ideas más destacadas que sirvieron para que la actividad científica arraigara en Occidente, fue la idea de un universo de comportamiento regular y ordenado, en virtud de su existencia como la expresión de un Dios cuya voluntad y cuyo poder pueden tomarse como inmutables. En varios artículos notables, a los que extrañamente no se les ha prestado atención, escritos hace algunas décadas por Michael Foster, de Oxford, y publicados en *Mind,* se puede hallar una relación del papel desempeñado por esta doctrina central religiosa en el establecimiento del enfoque científico de la naturaleza. No fue accidental el hecho de que, casi sin excepción, los fundadores de la ciencia moderna consideraran su investigación de la naturaleza como una exploración o un levantamiento y trazo de las sendas de la mente de Dios. Estamos acostumbrados a tomar tales expresiones con una mueca, al mismo tiempo que nos congratulamos de habernos liberado de la ingenuidad de los grandes hombres que no habían podido desprenderse a la sazón de las maneras de pensar más primitivas y raras, pero el hecho subsiste de que estaba ahí, en el principio, una idea religiosa fundamental, que guió a quienes tenían que viajar solos por mares extraños. A mayor abundamiento, la idea de una verdad objetiva y austera, la idea de que por cada interrogante especificable hay por lo menos y cuando mucho una idea congruente y coherente, encuentra asimismo sus raíces en la idea de Dios, que no sólo abriga las ideas de Platón y del divino *logos* sino que tiene también el poder de producir la realidad conforme a dichas formas. No es accidental el hecho de que los grandes intérpretes racionalistas de la ciencia moderna —Descartes, Leibnitz y Spinoza— hayan apelado todos a Dios como la base del principio fundamental, en el sentido de que, para usar la formulación de Spinoza "orden y liga de las ideas son lo mismo que orden y liga de las cosas". No es éste el lugar para entrar en una discusión dialéctica sobre la conexión entre el empeño científico y la creencia en la realidad de Dios, pero un punto está claro: la suposición de la realidad de ciertos grados de orden y de la existencia de una verdad objetiva, esenciales ambas para la prosecución ininterrumpida del conocimiento científico, nos lleva más allá de lo que cualquier finita sola o cualquier conjunto finito de ellas puede directamente verificar en la experiencia. Sea cual fuere el estado actual de la discusión, queda como un hecho concreto la contribución histórica de la religión a la actividad científica.

Por otro lado, es preciso que destaquemos que sería difícil exagerar el valor que tiene la contribución de la arqueología, la filología y varias otras formas de investigación histórica bajo control, en pro de nuestra comprensión de la sagrada literatura y de los antiguos monumentos de la tradición religiosa de Occidente. La así llamada crítica elevada de la Biblia trajo consigo, en realidad, sus propios problemas en el ajuste de significados e interpretaciones históricos o teológicos, pero nadie que esté familiarizado con las circunstancias habrá de querer negar que tal estudio nos ha proporcionado conocimientos y percepción nuevos dentro del significado de la relación bíblica y, especialmente, nos ha liberado de la suposición inútil e injustificada de que la Biblia se escribió de una sola plumada o de que "toda cayó del cielo en una noche". Las duplicaciones, las narraciones conflictivas, los anacronismos y otros signos de trabajo editorial realizado por más de una mano en los libros bíblicos, que tanto han deleitado a los escépticos que han supuesto que todo el punto de vista religioso se sostiene o cae conforme al informe preciso de la muerte del Rey Uzía, son todos elementos explicables merced a la erudición histórica y a una comprensión adecuada de las circunstancias que condicionan la escritura de los antecedentes religiosos. Aquí, la ciencia ha desempe-

ñado su parte para que la mentalidad religiosa se libre de las supersticiones y de hipótesis innecesarias que realmente impedían nuestra comprensión de las percepciones religiosas fundamentales.

El punto por recalcar es que, en cuanto una doctrina religiosa se refiere a un objeto finito, parte de su significado dependerá de la índole de ese objeto tal y como se revele desde más allá de la perspectiva religiosa. Lo incompleto de nuestro conocimiento de los objetos finitos implica que nuestra comprensión de la doctrina sea incompleta. Cuando, por ejemplo, San Agustín habló del *hombre* y su pecado, no podía él haber sabido que por "hombre" tenía que haber dado a entender lo que el pensador moderno debe significar por "hombre", a saber, la criatura que ponen de manifiesto las investigaciones de Darwin y de Freud, hasta donde los resultados de dichas investigaciones son ciertos. A medida que nuestro conocimiento del mundo avanza, la doctrina religiosa que pretende referirse a ese mundo se relaciona, no con una realidad enteramente nueva, sino con una realidad compuesta de aspectos y caracteres siempre nuevos. Con relación a la importancia de los progresos de los conocimientos sobre la reinterpretación de la doctrina antigua, bien podemos citar dos ejemplos pertinentes. Uno es el descubrimiento de la realidad absoluta del tiempo en la estructura de todas las cosas, como se expresa en la opinión de Whitehead en el sentido de que "no hay naturaleza en un instante", y el otro es la aparición de la psicología del subconsciente como atalaya desde la cual es posible comprender el comportamiento del hombre. La cristiandad siempre ha tomado en serio la realidad de la historia y nunca ha corrido el peligro de precipitar al mundo en el seno de un Absoluto sin tiempo; pese a su inquietud por la historia, la cristiandad nunca ha dejado bien claro de que manera ha de relacionarse Dios con el mundo del tiempo y del cambio, en el que existen la novedad y la actividad creadora genuinas. El énfasis en Dios como totalmente actual, como Aquél en el "que no hay sombra de volverse" y Aquél que siempre está completo, ha significado una renuencia a expresar en términos teológicos lo que se ha dado en llamar lo "contingente" en Dios. El estado actual del pensamiento científico y el lugar de importancia que se está dando al tiempo sirve y seguirá sirviendo como un reto a la religión para aclarar su doctrina a este respecto. El así llamado aspecto necesario de Dios tendrá ahora que entenderse de tal manera que se haga posible alguna percepción dentro de la conexión de lo necesario con la aparición de lo novedoso en la experiencia y con los aspectos evanescentes del mundo. Aquí es la existencia del conocimiento científico la que precipita la acción y hace imposible que una teología que pretende interpretar el mundo como es realmente, evite tomar el tiempo y el camino seriamente.

Por otro lado, en respuesta al desafío, el pensador religioso retornará a su tradición clásica, con el fin de descubrir los recursos que ella contiene para comprender el cambio, y, especialmente, para valorar los límites del cambio y el grado de éste compatible con la identidad, el significado y el objeto. En otras palabras, aunque es cierto que la nueva insistencia sobre la realidad del tiempo y la novedad plantea un problema por lo que hace a la interpretación de la doctrina antigua, esa misma doctrina suministra un punto de vista desde el cual ha de evaluarse y juzgarse un avance en los conocimientos.

La segunda situación —la aparición de la psicología del inconsciente— plantea para la teología una situación semejante. El nuevo análisis del hombre y del comportamiento humano en función de niveles y estructuras psicológicos complejos, presenta un cuadro de la naturaleza humana que es preciso relacionar con la comprensión religiosa del hombre. Por un lado, la nueva psicología suministra una percepción nueva e impresionante de la antigua doctrina del hombre como un ser indispuesto con Dios y consigo mismo y, también, como un ser por siempre ocupado en el mal uso de su libre albedrío que, en última instancia, desemboca en aquella inhumanidad del hombre para con el hombre, circunstancia que ha sido uno de los aspectos más trágicos de la vida moderna. Todavía más, la reinterpretación del libre albedrío y, en realidad, la posibilidad de que se desvanezca por entero a manos de una psicología obligada a sostenerse como ciencia y, por ende, inclinada en ocasiones a reducir el comportamiento humano al que se da a los animales en niveles inferiores, menos complejos, de la vida, exigen una respuesta de la parte religiosa. Se hace un llamamiento a los pensadores cristianos para que calculen aproximadamente hasta qué punto es aceptable una explicación determinista del comportamiento humano y, al mismo tiempo, para que indiquen en qué sentido se mantiene la libertad humana dentro de una tradición religiosa que hace hincapié en la soberanía absoluta de Dios en todos los ámbitos de la existencia y en la predestinación como un decreto eterno establecido junto con los fundamentos del mundo. Podrían darse otros ejemplos que reproducen la misma pauta de la aparición de nuevos conocimientos con los cuales es preciso relacionar la doctrina vieja. San Agustín, por ejemplo, seguramente uno de los intérpretes más perspicaces del ser humano que jamás haya escrito, no tuvo que encarar al hombre de Freud, al de Marx o al de Darwin. Los parciales de San Agustín, apoyados en la misma tradición religiosa que a él le sirvió de sustentación, deben encarar estas interpretaciones modernas; preciso es que encuentren maneras de incorporar lo que es válido en dichas concepciones y, al mismo tiempo, interpretar su significación en la perspectiva religiosa.

Con relación a la tercera función de la filosofía en su papel como mediadora o intérprete entre la religión y la ciencia, ya se ha dejado bien asentado el punto fundamental y no es necesario elaborar más sobre él. No todos los pretendidos "conflictos" entre doctrinas religiosas y conocimientos objetivos del mundo son conflictos reales. Antes de que podamos estar seguros de que existe una diferencia genuina o de que está en juego una cuestión, preciso es que sea claro el significado que debe darse a las declaraciones supuestamente antagónicas. La declaración científica, junto con sus condiciones limítrofes, debe interpretarse desde un lado, mientras que la doctrina religiosa debe

declararse e interpretarse desde el otro. Sólo siguiendo un procedimiento así será posible saber cuándo se hacen necesarios los ajustes y cuándo el pretendido conflicto se disuelve o pone de manifiesto estar basado sobre una hipótesis equivocada.

POSTDATA

A manera de postdata, quizá valga la pena llamar la atención sobre una declaración famosa de Einstein, de hace algunos años, en un ensayo intitulado "Ciencia y Religión", presentado en la primera reunión del Congreso sobre Ciencia, Filosofía y Religión, que tuvo lugar en Nueva York. Gran parte de lo que Einstein escribió en ese ensayo cuenta con mi aprobación, pero planteó en él dos dificultades relativas a la religión, que se repiten con tanta frecuencia que no cabe dejarlas pasar por alto en silencio. Por un lado, expresó Einstein dudas sobre la doctrina que afirma que la Voluntad Divina es causa independiente, que ejerce con presión omnipotente sobre el curso de los acontecimientos y, por el otro, pidió el abandono de lo que claramente consideraba él como una doctrina íntimamente ligada a la anterior, a saber, la del Dios personal. Aunque no dejó bien claro cuál era su posición sobre el punto, tal parece que Einstein habría sustituido la idea clásica de Dios, que nos viene de la tradición judíocristiana, con las convicciones sobre la realidad de ciertos valores éticos.

No podemos, por supuesto, discutir aquí las cuestiones con amplitud, pero dos comentarios sí están indicados. Primero, con relación al Dios omnipotente que interviene en el orden descubierto por la ciencia, siempre ha sido sana doctrina teológica sostener que Dios afecta el curso del mundo conforme a las naturalezas específicas de los seres que lo habitan, incluso al hombre que tiene razón y libre albedrío. Consiguientemente, la idea de Dios como un poder arbitrario capaz de hacer cualquier cosa sin tasa ni medida —la concepción de sentido común de la omnipotencia (que, a propósito, es una *proyección real* por parte del hombre)— no es la idea clásica sino el invento de fundamentalistas religiosos que sostienen que Dios se manifiesta únicamente en los absurdos racionales. Con referencia a la cuestión del Dios personal, se da en ella un problema más complejo. Primeramente sería necesario explicar cuidadosamente en qué sentido y por qué la tradición judíocristiana ha considerado al concepto de persona como la analogía o el símbolo más adecuado de Dios y, en segundo lugar, sería necesario inquirir por qué se supone que la doctrina del Dios personal en una formulación controlada pone a prueba la credulidad más de lo que lo harían los substitutivos que se han propuesto. No puede uno menos que preguntarse si es más inteligible pretender la existencia de la Bondad, la Verdad y la Belleza —como lo hace Einstein— que la de la realidad viviente expresada a través de las *personae;* todavía más, la idea de un orden cósmico trasciende la experiencia sensorial tan completamente como lo hace la idea de un

Dios personal. Estas nada son sino sugestiones; se ofrecen con el fin de llamar la atención sobre el hecho de que tales dificultades no son desconocidas para los voceros de la religión, quienes a menudo las han sentido tan agudamente, si no es que más, que los críticos que hablan en nombre de la ciencia o de la filosofía.

Bien ha dicho Whitehead que el arte de la persistencia desnuda es estar muerto; ni la religión ni la ciencia deben estar dispuestas a solidificarse totalmente en el dogma de contenido o de método, meramente con el fin de sobrevivir. Una manera importante en la que las dos pueden permanecer viviendo, sin embargo, es continuar aceptando la posibilidad de interacción fructífera y la interrogación de la una por la otra. La ciencia que se sigue sin tener conciencia de sus limitaciones, pronto se torna en dogmática y muere; asimismo muere la religión que trata de aislarse de todo y quedar inmune a los progresos del saber y de la investigación crítica. Es tan poco lo que puede prosperar la vida humana con una ciencia muerta como con una religión moribunda.

NOTAS

1 "Ciencia y Religión", en *Conference on Science, Philosophy and Religion,* Vol. I (1941) 209.

7

LA CIENCIA Y LAS CUESTIONES INTERNACIONALES

Ludwig F. Audrieth

Quizá sea una sorpresa para muchos el que la inquietud de nuestro gobierno con respecto a la ciencia y la tecnología se haya manifestado desde el principio mismo de nuestra lucha por alcanzar el reconocimiento como nación independiente. Como ministro ante Francia, de 1785 a 1789, Tomás Jefferson informaba regularmente de los acontecimientos científicos europeos a Yale, Harvard, el Colegio de Filadelfia y su alma mater, William and Mary. Bien consciente se hallaba de los logros científicos de Lavoisier, padre de la química moderna, e incluso se atrevió a criticar como prematuros los intentos de éste por establecer un sistema de nomenclatura para las sustancias químicas. Discutió sobre los méritos de la química con el gran filósofo naturalista francés Buffon (Georges Louis Leclerc) que había bautizado a la química con el nombre de "arte de cocina". Jefferson sostenía que "ella [la química] se cuenta entre las ciencias más útiles, y está preñada de futuros descubrimientos de gran utilidad y para la seguridad de la raza humana". Jefferson era un hombre sumamente práctico. Hacía acopio de semillas y de especímenes de plantas, para embarcarlos hacia las Colonias Americanas. Constantemente estaba pendiente de nuevos acontecimientos en las esferas industrial y tecnológica. Fue uno de los primeros filósofos naturales prácticos de este país, como lo demuestran su propia aptitud para la innovación y la invención y el hecho de que, como primer Secretario de Estado, introdujo y desarrolló el sistema de patentes en la joven nación.

Puede considerarse a Jefferson como el primer gran administrador científico y científico-diplomático en la historia de los Estados Unidos.

Todo niño en edad escolar liga el nombre de Benjamín Franklin con el descubrimiento de la electricidad, pero pocos se percatan del grado en que sus logros influyeron la ciencia internacional a mediados del siglo XVIII. Como todos los científicos, Franklin se mostraba ansioso de que otros supieran de su obra. En consecuencia, descubrió sus experimentos en sus cartas a sus amigos ingleses. Alguna de dichas cartas se leyeron en la Sociedad Real; otras se publicaron en las *Actas* de ese docto organismo. En 1751 compiló los resultados de su trabajo en forma de un folleto de ochenta páginas, que intituló *Experiments and Observations on Electricity* (Experimentos y Observaciones sobre Electricidad). Un año más tarde se tradujo al francés. Posteriormente aparecieron en Inglaterra ediciones revisadas y, en 1758 y 1774, respectivamente, las traducciones al alemán y al italiano. Franklin se hizo famoso en Europa como un científico distinguido de nacionalidad norteamericana. A buen seguro que su gran reputación como científico dio importancia a sus declaraciones y opiniones políticas, tanto durante la revolución de independencia de los Estados Unidos como después de ella.

Estos ejemplos tomados de la incipiente historia de los Estados Unidos podrían complementarse con muchos otros, que se remontarían hasta la antigüedad. Todas las ilustraciones de este tipo atestiguan el hecho de que la ciencia siempre ha tenido un carácter internacional, así como el de que el conocimiento científico constituye parte del acervo cultural de la humanidad. Aun cuando podemos lamentar la falta de comunicación entre los científicos y quienes no lo son, es no obstante un hecho irrefutable que la ciencia, para citar a Wiesner,[1] "constituye un verdadero lenguaje internacional en el que todas las ambigüedades pueden reducirse a un diccionario universal que se da en todas las lenguas —la naturaleza—, una clave que han de compartir todos los que realicen el esfuerzo por aprender... el lenguaje de la ciencia... Su gran ventaja reside en el hecho de que las verdaderas leyes de la naturaleza son en todas partes las mismas, [y esto es importante] como lo son los problemas de interés".

No hay límite para los problemas que el mundo físico ofrece para su estudio e investigación. Estos problemas se presentan ante todos los hombres, dondequiera que hayan nacido y sea cual fuere su raza o sus orígenes nacionales. Quienes se dedican a la ciencia, siempre han intercambiado y comparado sus ideas. Los logros de los grandes maestros han rebasado en todo tiempo las fronteras establecidas por el hombre. Los grandes centros de estudios han atraído a estudiantes de todas partes del mundo, que acuden en pos de conocimientos nuevos y, es esta tendencia a aprender de otros, a intercambiar ideas y experiencias, motivada por una curiosidad insaciable con respecto al mundo físico, lo que ha hecho de la comunidad científica una comunidad verdaderamente internacional del espíritu.

I

Hay, sin embargo, otra faceta de esta búsqueda de la "verdad para alcanzar una comprensión del mundo a nuestro alrededor y de nosotros mismos". Hay un segundo aspecto de la ciencia que, como Roger Revelle[2] tan acertadamente ha expresado, implica "el uso de los conocimientos para lograr el control sobre la naturaleza y [lo que considero pertinente para mi exposición] el poder sobre los hombres". Por esta razón, yo establecería una diferencia entre la ciencia como actividad cultural, y las aplicaciones de la ciencia a través de la tecnología. La ciencia que se ha manifestado a través de la tecnología ha hecho avanzar el estado de la civilización, ha ayudado al hombre a adaptarse a su medio ambiente y le ha auxiliado para que satisfaga sus necesidades materiales; pero, lo que es igualmente significativo, esa misma ciencia ha hecho posible para las naciones adelantadas tecnológicamente, alcanzar poderío militar, fuerza económica y un estado superior en este mundo tremendamente competidor. Es la revolución científico-tecnológica la que ha hecho llover sobre el hombre sus beneficios, pero, concurrentemente, es también la que ha creado problemas serios que afectan las relaciones humanas en todos los niveles de la sociedad organizada. Son la ciencia y la tecnología las que tanta esperanza ofrecen a toda la humanidad al contribuir más adecuadamente a la satisfacción de las necesidades fundamentales de la existencia, a la obtención de niveles de vida más altos y a permitir más tiempo para el ocio útil; pero al mismo tiempo, son las que han dado lugar a que surjan problemas políticos que rebasan las fronteras nacionales y ejercen su influencia sobre los asuntos nacionales e internacionales. La ciencia y la tecnología, por tanto, se han convertido en motivos de preocupación para los gobiernos de todas las naciones, puesto que se acepta en la actualidad que el descubrimiento científico y la innovación tecnológica repercuten fuertemente sobre el desarrollo tanto de la política nacional como de la internacional, afectándolas marcadamente e influyendo el curso de los acontecimientos humanos. Permítaseme ilustrar estos conceptos.

II

Aunque las innovaciones tecnológicas hacen avanzar el estado de la civilización, probablemente es algo menos bien sabido que tales transformaciones vienen también acompañadas de dislocaciones políticas, sociales y económicas tanto en el escenario nacional como en el internacional. Séame permitido documentar esta declaración con sólo citar algunos ejemplos históricos e insinuar algunos campos de problemas a los que nos encaramos actualmente así como otros que el futuro nos puede deparar.

Durante miles de años, la tintura de índigo, tan altamente estimada aun por los antiguos egipcios, griegos y romanos, se había obtenido de las plantas. Adolph von Baeyer tuvo éxito en la elucidación de la composición del producto natural en 1883. Quince años más tarde se estructuró un proceso comercial para producir sintéticamente el añil. ¿El resultado? Dos años más tarde, la producción sintética había desplazado completamente al producto natural. El cultivo del índigo y la extracción del añil se había convertido en industria principal de la India. En 1897 se cultivaban algo así como 700,000 hectáreas y en ese mismo año la India exportó 770,000 toneladas del producto. El trastorno económico y sociológico que siguió al hecho de que cayera en repentino desuso esta fuente de ingresos, afectó la vida de alrededor de 200,000 hindúes.

Más notable en su efecto sobre el curso de la historia fue el desarrollo de un todo para la producción de amoníaco sintético. En la década de 1840, Liebig y otros habían demistrado que se necesitaban materiales fertilizantes que contuvieran los elementos químicos del nitrógeno, el fósforo y el potasio para mantener e incrementar la producción agrícola. Especialmente restringidos eran los abastos de fertilizantes nitrogenados. ¿El problema? Cómo utilizar los tremendos recursos de nitrógeno de la atmósfera para convertirlos en alimento para las plantas. Los químicos de todo el mundo buscaron medios sintéticos que produjeran la fijación del nitrógeno atmosférico. Se desarrolló el método del arco eléctrico y se descubrieron otros para fijar el nitrógeno por medio del carburo cálcico. Sin embargo, ninguno de dichos procedimientos podía competir mundialmente con los gigantescos depósitos de nitrato en Chile que, entre tanto, se explotaban para usarlos como material fertilizante y para la producción del ácido nítrico.

Las investigaciones demostraron que podían combinarse el nitrógeno y el hidrógeno, a temperaturas y presiones moderadamente elevadas, para formar amoníaco, pero los procesos de presión elevada planteaban muchas dificultades técnicas y de ingeniería, que finalmente fueron resueltas por Haber, Bosch y sus colaboradores. La primera fábrica de amoníaco sintético comenzó a operar en Alemania en 1910. Unos cuantos años antes, otro descubrimiento, debido al profesor Ostwald, demostró que puede producirse con facilidad el ácido nítrico por medio de la oxidación del amoníaco. ¿Por qué menciono estos hechos?

Primero, el ácido nítrico es materia prima importante, que se usa en la fabricación de prácticamente todos los explosivos ordinarios de alto poder. En consecuencia, las instalaciones para la fabricación del ácido nítrico constituyen una importante industria estratégica en el mantenimiento de la capacidad militar de una nación. El bloqueo por parte de los Aliados durante la Primera Guerra Mundial, había negado de manera efectiva el nitrato chileno a las Potencias Centrales, pero sucede que los alemanes contaban ya con suficiente ácido nítrico, producido por la oxidación del amoníaco sintético, para satisfacer sus necesidades militares. El bloqueo en nada redujo el potencial ni la capacidad bélica del Reich alemán y sus aliados. Muy

bien pudiera formularse la hipótesis, después de los hechos, de que la Primera Guerra Mundial se prolongó gracias a una deliberada política alemana enderezada a alentar la investigación científica y el fomento tecnológico, concedidamente en su interés nacional y, lo que es más, impuesta por su posición geográfica y su carencia de ciertos recursos naturales estratégicos.

Segundo, se contó con complementos baratos de fertilizantes para una utilización más intensiva de las tierras destinadas a la producción de alimentos. Los intentos para rendir por hambre a las Potencias Centrales gracias al establecimiento del bloqueo aliado se vieron así parcialmente frustrados.

Tercero, los conocimientos tecnológicos que los alemanes desarrollaron quedaron a disposición de las potencias aliadas después de la Primera Guerra Mundial. Fue así como otras naciones de gran adelanto tecnológico quedaron en posición de suplir sus propios requisitos de nitrógeno. Pronto se hizo evidente el efecto sobre el monopolio chileno. Un desarrollo científico y tecnológico había despedazado un monopolio y producido serias dislocaciones internas en Chile, que afectaron a sus habitantes y a la solvencia económica de la nación chilena. El monopolio chileno sufrió un golpe más a principios de la década de 1930, gracias al desarrollo de un método para hacer "cloro sin cáustico". Se descubrió que el ácido nítrico (del amoníaco sintético) y la barata sal reaccionaban para dar cloro y nitrato de sodio como producto secundario (nitrato chileno). Chile todavía no se ha recuperado completamente de esta sucesión de avances tecnológicos.

Incluso en la actualidad, tras de la Segunda Guerra Mundial, el método Haber tiene todavía un efecto profundo sobre las relaciones internacionales. Anualmente se producen millones de toneladas de amoníaco sintético. Ciertos productos, como el nitrato de amonio y la urea, producidos ambos a partir del amoníaco, se envían a las zonas densamente pobladas del mundo que inician su desarrollo, a fin de capacitar a esos países para que satisfagan más adecuadamente sus necesidades de alimentos, merced a una productividad agrícola incrementada por la fertilización más intensiva de los suelos.

No termina ahí la historia. El efecto de un acontecimiento tecnológico puede demorarse varios años. Una vez más los alemanes, dada su familiaridad con las técnicas relativas a presiones elevadas, pudieron idear un método barato para producir alcohol metílico sintético, esencialmente a partir del carbón y el agua como materia prima. Hasta ese momento habíamos obtenido nuestro "alcohol de madera" por medio de un procedimiento tosco que ocasiona la destilación destructiva de la madera. Este producto doméstico, impuro, no podía competir en precio con el producto sintético de alta calidad. Una vez más, una posición monopolista quedó eliminada por la ciencia y la tecnología, pero no sin que hubiera repercusiones económicas y sociológicas en dos de nuestros estados centrales. Los esfuerzos para atenuar el golpe mediante la imposición de una tarifa protectora demostraron ser fútiles para sostener una industria que no podía ya

por más tiempo tenerse sobre sus propios pies económicos.

Podrían citarse muchos otros ejemplos. Permitidme mencionar tan sólo unos cuantos más, que en mayor o menor medida han ocasionado descoyuntamientos económicos y sociológicos. Las fibras sintéticas han afectado la producción y los usos del algodón, el yute, la seda, el lino y el cáñamo. En la actualidad más del 75 por ciento de nuestras necesidades de hule se satisfacen gracias a varios productos sintéticos. Me consideraría culpable de un error de omisión si no mencionara los logros notables de uno de los científicos más grandes que ha dado la universidad de Notre Dame, el difunto padre Julius A. Nieuwland (1878-1936). Sus precursoras investigaciones fundamentales sobre la química del acetileno sirvieron como base para la obtención del primer elastímero sintético, el neopreno, susceptible de producirse en escala comercial en los Estados Unidos.

Muy bien cabe preguntarse lo que la nueva piel sintética conocida con el nombre comercial de "Corfam" puede con el tiempo afectar a los ganaderos dedicados a la cría de reses, que siempre han contado con el valor de la piel como incentivo económico adicional. ¿Qué sucedería si se presentara en los mercados del mundo un café [3] sintético aceptable? ¿Qué efecto tendría un acontecimiento así sobre los habitantes de Brasil, Colombia y América Central? ¿Qué efecto tendría el desarrollo afortunado de un método para utilizar las algas como fuente alimenticia sobre las economías de las grandes naciones productoras de alimentos del mundo? A algunos de nosotros nos sorprendió el anuncio, hará unos años, de que la oxidación aeróbica del petróleo en presencia de soluciones nutricias que contienen únicamente compuestos inorgánicos lleva a la formación de importantes cantidades de proteínas y aminoácidos. Actualmente se evalúa el poder alimenticio de dichos productos. El profesor finlandés Arturri Virtanen, ganador del premio Nóbel, ha demostrado experimentalmente que el ganado vacuno puede subsistir y prosperar con una dieta sintética consistente en materias celulosas y en materias nutritivas minerales inorgánicas. ¿Está fuera de lo razonable especular sobre la posibilidad de que las dietas sintéticas para seres humanos representen el siguiente acontecimiento lógico? [4]

Sin embargo, surge una cuestión aún más importante de todos estos esfuerzos científicos por aumentar los abastos de comestibles. ¿Satisfarán estos desarrollos potenciales las necesidades de subsistencia de una población mundial en rápida expansión? Las nuevas drogas y medidas sanitarias han reducido la mortalidad infantil y ampliado las expectativas de vida. Nadie negará que estos esfuerzos son dignos de aplauso, aunque por su causa se agrave el problema demográfico. ¿Es el desarrollo de las drogas para controlar la gestación la respuesta al problema de la sobrepoblación? ¿Pueden esas drogas competir con hábitos antiquísimos y con tradiciones religiosas? ¿Es la eutanasia una solución? ¿Estamos meramente posponiendo el día inevitable en que la explosión demográfica alcance tales proporciones que los abastecimientos y víveres sean inadecuados, y la guerra, el hambre,

la peste, la miseria y el vicio restablezcan el equilibrio, como predijo Malthus hace más de 150 años? El equilibrio entre comestibles y población se ha convertido en cuestión de inquietud vital para las naciones adelantadas del mundo.[5] ¿Resolverán el problema los alimentos sintéticos o acaso encaramos dificultades de índole fisiológica y psicológica a medida que nos aproximamos a la situación de "cupo sólo de pie" por causa del incremento de la población mundial?

Todo gran descubrimiento científico y todo nuevo desarrollo tecnológico ejerce su influencia mundialmente. No hay certeza de que perdure monopolio alguno. El precio del progreso es que todo se vaya haciendo obsoleto, pues ni la ciencia ni la teconología reconocen un *statu quo*. La ciencia y la teconología representan la esencia misma del cambio, al dar al traste con los moldes tradicionales y enquistados de la vida y del vivir. Es la adaptación política, social y económica a los cambios que forjan los adelantos de la ciencia y la tecnología lo que constituye el problema principal de la sociedad moderna.

III

Puede, pues, demostrarse fácilmente que el descubrimiento científico y la innovación tecnológica usualmente provocan dislocaciones económicas y sociológicas. Sin embargo, los efectos políticos son aún más complejos y diversos, y la política, despojada de sus proclamaciones almibaradas y de sus declaraciones altisonantes para que las masas se las puedan tragar, es esencialmente una cuestión de relaciones humanas prácticas. Son el político y el estadista quienes deben abogar por cursos de acción que contribuyan al logro de metas nacionales e internacionales específicas. Marshall[6] define la política con el extranjero "como los cursos de acción que se toman en prosecución de objetivos nacionales que rebasan la jurisdicción de los Estados Unidos... Nuestra política extranjera se revela en las cosas que hace el gobierno de los Estados Unidos para influir sobre fuerzas y situaciones en el extranjero".

Muchas de las cuestiones centrales de política extranjera que en la actualidad afectan a nuestras relaciones con otras naciones del mundo tienen partes componentes científicas importantes, si no es que decisivas. El desarme, el espacio exterior, la política de armas nucleares y la ayuda al extranjero son cuatro de los ejemplos más obvios.

El desarme depende esencialmente del avalúo de las capacidades tecnológicas del agresor en potencia. Puesto que el control por medio de procedimientos de inspección dentro de los territorios soberanos de varias naciones del mundo es inaceptable (para la URRS) o imposible (dentro de China), preciso es que recurramos a sistemas tecnológicos sumamente refinados para defendernos contra un ataque por sorpresa o que usemos dispositivos monitores técnicos para asegurarnos de que se cumple con convenios tales como el tratado de proscripción parcial de pruebas de bombas atómicas.

Interesante es la exploración del espacio exterior para que el saber se acreciente, pero no debemos olvidar que la nación que controle dicho espacio controlará al mundo. ¿Hasta qué punto pondremos a disposición de nuestros aliados europeos la tecnología espacial para propósitos utilitarios y pacíficos? ¿Cuáles son las ventajas de los programas en cooperativa con ELDO y ESRO? ¿Con los rusos? Para propósitos científicos y para el mutuo beneficio de los participantes en tales programas, bien pudiéramos responder afirmativamente, pero ¿hasta dónde podemos llegar en la acción de compartir con otros nuestros conocimientos sobre sistemas de orientación y tecnología para impulsar cohetes cuando estos campos son también vitales para nuestra seguridad nacional, aun cuando no podamos evitar que naciones extranjeras así lo hagan?

Pronto nos percatamos del hecho de que los conocimientos teóricos y tecnológicos relativos a la fusión y a la fisión nuclear podían usarse tanto a favor como en contra nuestra. Consideramos que sería prudente restringir la diseminación de informes que pudieran capacitar a otros para constituir sus arsenales de armamentos nucleares. El motivo para nuestra política fue el deseo de actuar como depositarios de estos conocimientos por cuenta del mundo, para impedir la proliferación de armas nucleares. Sin embargo, al mismo tiempo, hicimos que formara parte de esa política el impulso dado a las aplicaciones de los conocimientos nucleares para propósitos pacíficos. Se contaba ya con una nueva fuente de energía aunque, por el momento, fuera incapaz de competir con las sustancias combustibles fósiles. El uso de isótopos radiactivos para aplicaciones médicas e industriales ha hecho aflorar tremendas posibilidades para el bien de la humanidad. Consideramos que dichas aplicaciones eran ciertamente dignas de todo aliento posible, pero ¿dónde está la línea divisoria entre estos objetivos de una misma política?

Hemos puesto a disposición de otras naciones, obligados por convenios bilaterales que nos conceden el derecho de inspección para evitar que se desvíen algunas cantidades de material fisionable para usos bélicos, combustibles nucleares para reactores de energía eléctrica. Hemos alentado el establecimiento de Euratom (el grupo europeo de energía atómica), el de las Seis Naciones que, junto con la Gran Bretaña, forman el segundo mercado común europeo, el de las naciones europeas agrupadas bajo las siglas CEE, que reúnen sus recursos para dedicarlos a la explotación práctica de reactores de energía eléctrica y nos hemos mostrado también partidarios de la formación de la OIEA, el Organismo Internacional de Energía Atómica, de Viena, para idear sistemas de seguridad y promover las investigaciones y el desarrollo de las aplicaciones pacíficas. Pero, ¿nos han dado esos actos algo más que un respiro y un margen restringido de tiempo? Después de todo, la ciencia fundamental de los procesos de la fusión y la fisión es algo que conocen los científicos de todo el mundo. Actualmente nos damos cuenta de que la posición de monopolio que en un principio habíamos alcanzado no se ha podido retener ni siquiera con

respecto a nuestros aliados. Nos preguntamos quién será el próximo que de improviso realice una prueba de bomba atómica. Existe el concepto de la disuación, la idea de que una cosa así es tan horrible que nadie querría usarla, pero ¿es esa la única manera de que podamos evitar la destrucción de la humanidad, tan solo gracias a la disuación?

La motivación de nuestro programa de sistemas técnicos se apoya tanto en consideraciones humanitarias como políticas, pero lo interesante es que todas las naciones en desarrollo conceptúan a la ciencia y la tecnología como medios para alcanzar sus metas nacionales que les den seguridad, vigor económico y un nivel más alto de vida para sus pueblos. Quiero citar aquí la declaración de Nehru ante el parlamento hindú en 1958, la llamada Resolución de la Política de la Ciencia: "La ciencia ha dado al hombre común y corriente, en los países de ciencia adelantada, un nivel de vida y ventajas sociales y culturales que estaban confinados antes a una muy pequeña minoría privilegiada de la población". Fue esta la base de su solicitud para la asignación de fondos con el fin de apoyar un esfuerzo más vigoroso. Estos programas de sistemas técnicos requieren recursos y capacidades que nosotros y las otras naciones tecnológicamente adelantadas del mundo debemos aportar. ¿Hasta qué punto cabe desviar nuestros recursos de personal científico y de ingeniería, que tanto necesitamos, hacia tales programas de ayuda? ¿Podemos darnos el lujo de enviar a nuestros maestros al extranjero a mejorar el adiestramiento en las escuelas elementales, vocacionales o universitarias de dichos estados de reciente desarrollo, cuando nos damos bien cuenta de que tenemos una enorme tarea que realizar en nuestra propia casa, o doctores y enfermeras en números mayores para que combatan la enfermedad y las epidemias entre las poblaciones nativas, o especialistas agrícolas para incrementar la producción de víveres en dichos países que inician su desarrollo, o bien expertos en manejo de empresas para que reconstruyan sus estructuras gubernamentales? ¿Hemos realmente logrado amigos gracias a los programas que ya hemos montado o, todo este esfuerzo para nada sirve de cualquier manera, ya que, como predicen algunas autoridades en la materia, la disparidad entre las naciones tecnológicamente adelantadas y las que inician su desarrollo tendrá realmente que ser cada vez mayor, puesto que el interés propio esclarecido exige que nosotros y los ciudadanos de otras naciones adelantadas utilicemos nuestros recursos y capacidades científicas para mantener y retener nuestras propias posiciones en el orden mundial?

La ayuda al extranjero, la política nuclear, la del espacio exterior y la del desarme constituyen cuestiones políticas cuyas soluciones, también políticas, exigen el concurso de los expertos científicos. Hay, sin embargo, otro grupo de cuestiones de política extranjera que afectan nuestras relaciones con el mundo en general y que han surgido como resultado de trabajos científicos y tecnológicos. Son menos críticos porque, usualmente, dan lugar a la negociación de convenios internacionales bilaterales o multilaterales, con el fin de establecer secuelas administrativas y de procedimiento que se refieren a asuntos tales como transportes terrestres, marítimos y aéreos, adjudicación de frecuencias de radio para facilitar las comunicaciones internacionales y la definición de los derechos que tienen las naciones costeras a la explotación de los posibles recursos submarinos de gas, petróleo y minerales.

Hay otra categoría de problemas de política extranjera todavía más lejos de los factores científicos causales. Nuestro programa de Alimentos para la Paz jamás se hubiera instituido si no padeciéramos o no tuviéramos la bendición de una sobreproducción de productos agrícolas ocasionada por el uso altamente eficiente de fertilizantes, herbicidas e insecticidas y por la mecanización creciente de nuestras granjas con el fin de elevar la producción doméstica. Sin embargo, aun un programa así, que se emprende por razones humanitarias y que ofrece grandes oportunidades en el plano político, crea problemas nacionales e internacionales. El programa de Alimentos para la Paz está directamente unido a nuestro problema de la balanza de pagos. Son necesarios los arreglos crediticios internacionales o, si está involucrado el pago con monedas blandas, es preciso considerar la utilización de tales fondos y las posibilidades de intercambios monetarios o de mercancías con un tercer país. Se acentúa la competencia entre los intereses navieros de los Estados Unidos y los del extranjero. Se plantean aspectos de política con respecto a la venta de tales excedentes agrícolas a los países comunistas, especialmente cuando a algunos de nuestros vecinos cercanos y aliados no parece preocuparles la existencia de restricciones, reales o imaginarias, para comerciar con los países detrás de la Cortina de Hierro.

Muchos de los cambios que la ciencia y la tecnología han provocado han creado problemas y situaciones en el escenario internacional que no pueden resolverse de acuerdo con las normas tradicionales. Hoy en día se requiere un grado de comprensión y de integración de los conocimientos científicos y políticos, que va más allá de la relación que en el pasado era adecuada. El científico ha entrado en la arena política no sólo como un experto técnico sino formando parte también de los niveles más elevados del gobierno, a fin de ayudar a tomar decisiones y para auxiliar en la formulación de las políticas nacional e internacional a seguir. Lo que es más, está ahí para quedarse como científico de inclinaciones y mentalidad políticas, aun cuando no satisfaga los requisitos para ser un científico de la política.

IV

Séame permitido ahora examinar otro aspecto de la ciencia y de los asuntos internacionales, que tiene un carácter de mayor duración y permanencia. Es un idealismo magnífico el que motiva al científico para desposarse con la ciencia, a la que ve como "empresa común"

del hombre. Tradicionalmente, los científicos han pugnado porque se acepte la premisa de que la ciencia no reconoce fronteras con respecto a raza y lengua. Al progreso científico no lo limitan ni lo contienen barreras humanas ni geográficas. Los científicos, tradicionalmente, han compartido sus conocimientos con otros. Estos contactos personales, que se repiten en todo el mundo, representan una oportunidad y una obligación para todos aquellos que se llamen a sí mismos científicos, de ir más allá de la esfera de sus especialidades profesionales, con la esperanza de que tales contactos, en última instancia, edifiquen puentes de comprensión que, por tal concepto, ayuden a aliviar las tensiones mundiales. A este respecto, el científico, como el escritor, el compositor, el artista y el músico, pueden desempeñar un papel internacional importante. Cualquier cosa que podamos hacer a través de estos contactos de "persona a persona", para generar una mejor comprensión y tolerancia para los puntos de vista de otros, para el mantenimiento de la paz sobre la faz de la Tierra, habrá valido la pena.

Todos los gobiernos, incluso el nuestro, alientan y prestan su apoyo económico a organismos científicos internacionales, como la ICSU y las sociedades que son miembros de ellas, la UNESCO, OMS, OMM, FAO y muchos otros grupos que se idearon para facilitar la cooperación internacional. Nuestro gobierno alienta los viajes de los científicos a reuniones internacionales, a la vez que fomenta el intercambio de eruditos y estudiantes por medio de programas semejantes al de la ley Fullbright y varios convenios de intercambio cultural. Anima a los científicos a fin de que inviten a sus colegas de ultramar a los Estados Unidos, para asistir a congresos, seminarios, coloquios y reuniones. Todo esto se hace no sólo para apoyar a la ciencia en su búsqueda de conocimientos, sino también porque creemos que la ciencia internacional constituye un foro para ayudar a fomentar el entendimiento entre las naciones. No obstante lo anterior, no debemos olvidar que los logros científicos se han convertido en un símbolo nacional, que lo mismo engalana al país adelantado que al que inicia apenas su desarrollo y se esfuerza para elevar así su prestigio, y el prestigio se ha convertido, a la vez, en meta nacional y en objetivo político.

Muchas investigaciones exigen la colaboración entre naciones. Tales programas internacionales reciben el aliento de nuestro gobierno. El programa de la Antártida se inició durante el Año Geofísico Internacional y continúa recibiendo apoyo internacional. Actualmente se llevan a cabo dos proyectos internacionales de importancia: El Año Internacional del Sol Tranquilo y la Expedición Internacional del Océano Índico. Pronto se echará a andar el programa muy ambicioso de la Década Hidrológica Internacional. La astronomía, la oceanografía, la meteorología y la exploración del espacio exterior son campos de la ciencia en los que los progresos de los conocimientos hacen perentorias la cooperación y la participación globales. Los problemas prácticos de la salubridad y la nutrición, de la desalación y la obtención de abastecimientos de aguas potables, la contaminación del aire, el agua y los alimentos, así como el desarrollo de normas de ingeniería y de materiales caen dentro de la esfera de las Naciones Unidas y de organismos tales como la OCEF (Organización de Cooperación Económica y Fomento). Las soluciones que se den a tales problemas redundarán en beneficio de toda la humanidad.

V

He mencionado estos campos en que se ha logrado la cooperación internacional, para volver a recalcar el punto que ya establecí en el sentido de que la ciencia tiene múltiples facetas por lo que hace a su efecto sobre el hombre y la sociedad. El descubrimiento científico y la innovación tecnológica traen consigo transformaciones y dislocaciones a las que es preciso que nos adaptemos. Crean serios problemas políticos que importunan a nuestros estadistas, cuyos horizontes políticos, empero, se limitan a los nacionales. Sin embargo, la ciencia también ofrece, lo mismo a nosotros que al mundo entero, oportunidades políticas para el mantenimiento de la paz merced a la generación de un mejor entendimiento entre pueblos de diversas raíces raciales, religiosas e ideológicas. Por medio de sus aplicaciones, ofrece la posibilidad de liberarnos del hambre, de las carencias y del miedo, elementos éstos que están en la raíz misma de los problemas del mundo. La ciencia representa, asimismo, parte de la herencia cultural de la humanidad, y por esa razón no puedo tomar en serio la polémica de las "dos culturas", un cisma que existe únicamente en las metas de especialistas frustrados, de miras estrechas, ya sea que trabajen en las artes y las humanidades o en las ciencias de la física y la ingeniería. Hay solamente una cultura, que ha de compararse a un bosque de muchos árboles —no a un árbol con muchas ramas— en donde cada árbol del saber crece y prospera como una entidad biológica, pero, ello no obstante, depende de su medio ambiente, cuyas particularidades le afectan, y se nutre en el mismo suelo de libertad intelectual que da a todas las disciplinas en los campos del Señor, el alimento nutritivo conceptual e integrado por hechos, que necesitan para que su crecimiento sea ininterrumpido. Hay sólo una comunidad intelectual cuyo vigor unificador reside en su diversidad.

Permítanme dar fin a mis observaciones con una cita tomada de un discurso pronunciado por Adlai Stevenson [7] en la reunión que tuvo en 1961 la Unión Astronómica Internacional.

> *Vosotros [los científicos] nos habéis dado poderes harto peligrosos, que todavía no hemos aprendido a controlar. Nos habéis dado las armas necesarias para abolir la pobreza, pero todavía no las conocemos a fondo. Nos habéis otorgado los medios para prolongar la vida, pero quizá ello sea una maldición en vez de una bendición, a menos que podamos asegurar alimentos, superviven-*

cia y, después, buena salud y vida buena para los cuerpos y las mentes de quienes forman nuestras poblaciones, que crecen en forma explosiva. Podéis haber hecho al mundo pequeño y a sus países interdependientes, pero sucede que nosotros no hemos estructurado las instituciones para habérnoslas con él, ni tampoco desechado las instituciones viejas que el progreso científico ha hecho obsoletas.

Toda gran transformación que la ciencia labra se anuncia desde varios años antes en el laboratorio o en el tablero de dibujo, pero el caso es que hasta que el nuevo mecanismo está totalmente construido y funcionando —y ha asombrado a todo el mundo— no empezamos a pensar sobre sus implicaciones humanas y políticas. Siempre estamos corriendo, para alcanzar mañana lo que desde ayer habéis hecho necesario.

NOTAS

[1] Jerome B. Wiesner, *Where Science and Politics Meet* (Nueva York, 1965) 23.

[2] Roger Revelle en *Cultural Affairs and Foreign Relations,* Robert Blum, ed., The American Assembly (Universidad de Columbia) (Englewood Cliff, N. J., 1963) 112-138.

[3] El informe intitulado "Posibles acontecimientos científicos no militares y su efecto potencial sobre los problemas de política extranjera de los Estados Unidos" constituye una fuente excelente de datos sobre este tema. Se trata de un estudio que el Stanford Research Institute preparó en 1959 para el Comité del Senado sobre Relaciones Exteriores .

[4] Véase, por ejemplo, A. R. McPherson, "Synthetic Food for Tomorrow's Billions", Boletín de los Científicos Atómicos (septiembre de 1965) 6.

[5] El Segundo Congreso de las Naciones Unidas sobre Población Mundial tuvo lugar en Belgrado, Yugoslavia, del 30 de agosto al 19 de septiembre, con una asistencia de 1,500 delegados.

[6] Charles B. Marshall, Boletín del Departamento de Estado (17 de marzo de 1952) 415-420.

[7] Véase Boletín del Departamento de Estado (4 de septiembre de 1961) 402-407.

8

LA CIENCIA Y EL BIENESTAR HUMANO

Farrington Daniels

I

La ciencia es una manera de pensar y de experimentar, y la tecnología es su hija. Es un desafío que atrae a las mentes creadoras. Las fronteras geográficas se han desavenecido pero, según las palabras de Vannevar Bush, "la ciencia constituye la frontera sin fin".

Trabajan en la actualidad muchos más científicos que nunca antes. Todavía nos sobrecoge pensar que el noventa por ciento de todos los científicos que en el mundo han sido desde el principio de la humanidad, viven actualmente. Por ejemplo, hoy en día hay un millón de químicos en el mundo. El inmenso cúmulo de actividades de estos muchos científicos del presente, se levanta sobre los logros registrados del pasado.

Contamos con la pronta publicación de las actuales investigaciones científicas en todo el mundo, así como con la cooperación activa entre los científicos de todas las naciones. Cada año se publican tres millones de artículos científicos. La publicación *Chemical Abstracts* sola, da cuenta de más de medio millón de contribuciones de investigación en un año. Luego, además, tenemos monografías sobre sectores de la ciencia cuyo desarrollo es rápido, que capacitan al investigador para emprender búsquedas en un campo nuevo, contando ya con bastantes conocimientos, y tenemos libros de texto que ayudan a liberar una verdadera corriente de jóvenes científicos, que cada año quedan mejor equipados para realizar nuevos avances. Resulta notable ver cuán eficazmente opera espontáneamente este sistema de in-

formar, extractar, resumir y enseñar en todos los campos de la ciencia, sin una planeación central.

En los Estados Unidos, y en muchos países del mundo, la educación es popular, lo que permite edificar sobre una enorme base de estudiantes para la formación de nuevos científicos. Es indudable que se pierden muchos científicos en potencia una vez que terminan su instrucción secundaria, pero es probable que, de aquellos que pasan por las escuelas del siguiente nivel, se reconozca y aliente a una gran fracción de quienes tienen capacidad notable para la ciencia, a fin de que realicen estudios de facultad y cuenten así con la oportunidad de apoyo económico para realizar tareas fecundas.

Tenemos la fortuna de contar con dos tipos diferentes de científicos. Uno es el de los científicos puros, cuyo motivo impulsor es la curiosidad, que informan de sus descubrimientos y no se molestan en seguir la senda prolongada que lleva a las aplicaciones útiles de los mismos. Cuando una investigación llega hasta el punto que ellos quieren, regresan a sus laboratorios, para trabajar en otros problemas precursores que les interesan, y nuevamente entregan los resultados que alcanzan al fondo mundial de conocimientos científicos. Los hombres de ciencia de esta laya predominan en los laboratorios académicos.

Otro tipo de científico, que generalmente se encuentra en los laboratorios industriales, se interesa en la ciencia que se aplica en la tecnología. Estos científicos tratan de adaptar los resultados de la ciencia pura a las necesidades humanas y de resolver problemas específicos con el fin de mejorar productos o de acrecentar la eficiencia de la fabricación. Los científicos prácticos a menudo trabajan en equipos formados por especialistas adiestrados en campos diferentes, quizá, por ejemplo, un matemático, un físico, un químico y un ingeniero. Se logran progresos rápidos merced a este tipo de investigación programática aplicada; por ejemplo, un lapso corto de tres años del descubrimiento de la fisión nuclear a la primera reacción en cadena y un segundo lapso de tres años de la reacción en cadena a la explosión nuclear.

No hay una línea fija de demarcación entre la investigación pura y la aplicada: las aplicaciones prácticas a menudo requieren de investigación pura adicional para cerrar brechas en los conocimientos que se tienen, mientras que muchas ideas buenas para las investigaciones provienen de la investigación práctica de las ciencias aplicadas. La investigación de las ciencias aplicadas se nutre de la investigación pura, pero ésta y sus instrumentos dependen también de las primeras. De este modo es como crece la tecnología.

En este punto me gustaría hacer una observación personal referente a la investigación pura y a la *maravillosa* vida que lleva un profesor universitario de ciencia. Es libre de seguir su indagación científica a dondequiera que ésta le lleve, y se mantiene alerta y joven de espíritu merced a la continua corriente de estudiantes brillantes que pasan por sus laboratorios y sus aulas. No puedo concebir un empleo mejor, excepto el de un profesor emérito, que hace suyo todo el goce de una universidad, pero sin sus responsabilidades.

También he llegado a convencerme de que la investigación programática es una institución extraordinariamente vigorosa, que puede resolver casi cualquier problema material con sólo que pongamos en ella suficiente esfuerzo. La labor por equipos en la investigación, tanto pura como aplicada, depende para avanzar de la experiencia obtenida en el pasado por los científicos; también, dos cerebros con diferentes adiestramientos tienen una eficacia mayor del doble de la que tiene un cerebro solo. El enfoque por equipos con respecto a las investigaciones ha demostrado su ventaja e incluso será todavía más importante en el futuro.

Otro factor de importancia en el fenomenal desarrollo de la ciencia, ha sido y seguirá siendo la existencia de aparatos nuevos para efectuar mediciones. La perfección del equipo electrónico ha acelerado las lecturas de laboratorio e incrementado enormemente su precisión, mientras que las máquinas calculadoras matemáticas revolucionan ya muchas ramas de la ciencia, haciendo posible la solución de problemas hasta ahora insolubles, al realizar en unos minutos cálculos que acostumbraban a requerir meses. El uso cada vez más generalizado de estas computadoras habrá de ser en el futuro un factor importante en el aceleramiento de la evolución tanto de la ciencia como de la tecnología.

Bien podríamos tratar de seleccionar algunos de los logros notables de la ciencia en años recientes, antes de que intentemos considerar lo que algunas de las conquistas del futuro pueden ser.

La energía atómica, con su radiactividad y sus isótopos, nos ha dado un instrumento nuevo, extraordinario e inesperado, para su uso en las ciencias. Las bombas atómicas han afectado profundamente la seguridad del mundo y la diplomacia de las naciones. La producción de energía eléctrica está ya aquí y constituirá una contribución vital para las civilizaciones del futuro. En otro campo, el desarrollo de la genética y la clave DNA han dado lugar a un acontecimiento pasmoso, que nos ha dejado percibir el fondo de la evolución y de la vida misma. Nuestros progresos en la esfera de las comunicaciones ya sean por radio, teléfono o televisión y nuestros adelantos en los medios de viaje, como los aeroplanos y otros, han encogido las distancias de manera tal que es precisa la completa reorganización de las relaciones entre las naciones. No resultan ya aceptables las islas de prosperidad en un océano de pobreza. En la agricultura, con la ayuda de fertilizantes e insecticidas y las aplicaciones de la genética, la ciencia ha realizado una labor tan eficaz en los Estados Unidos que ahora tenemos un excedente gigantesco de víveres; empero, éste es sólo un fenómeno temporal y local. Los progresos médicos han sido espectaculares al contar con nuevos conocimientos y nuevos procedimientos quirúrgicos, con curaciones merced al uso de antibióticos y con la eliminación virtual de antiguas enfermedades endémicas, como la malaria, la fiebre amarilla, la tifoidea, la tuberculosis y la poliomielitis.

La mera comodidad del diario vivir ha subido a un nivel elevadísimo. Apretamos un interruptor eléctrico en cualquier cuarto de nuestra casa y obtenemos el trabajo que podrían desarrollar diez hombres por sólo dos centavos de dólar por hora. Steinmetz, hace medio siglo, nos predijo lo que a la sazón era fantástico, o sea que algún día nos bastaría con girar la perilla de un termostato para obtener cualquier temperatura que deseáramos dentro de un cuarto, enfriándolo en verano con la misma facilidad con que podríamos calentarlo en invierno.

Quizá la futura promoción de investigaciones peligrosas y atrevidas pueda poner al descubierto aplicaciones, instrumentos y teorías nuevas con las que ni siquiera hemos soñado. Las investigaciones aventuradas, aunque de importancia vital, pueden dificultarse dentro de la industria si se espera entregar rendimientos pingües a los accionistas en uno o dos años, y es posible estropearlas dentro de las instituciones académicas si se les impone la condición de garantizar a un pasante su doctorado en dos o tres años o si exige la publicación de un artículo para dar ímpetu a la promoción profesional inmediata de quien encabece dichas investigaciones o bien si ha de servir para asegurar la renovación de un contrato con el gobierno. No todos los proyectos de investigación topan con el éxito; de no ser así; lo más probable sería que quien investiga no se hubiera fijado metas lo suficientemente elevadas.

La fusión nuclear del hidrógeno de los océanos, en condiciones controladas para producir energía eléctrica útil (semejante a la que se genera por la fisión nuclear del uranio 235) es meta que animosamente se busca alcanzar. Tengo la impresión de que el optimismo sobre este particular está menos generalizado de lo que lo estaba hace unos cuantos años, pero bien puede llegar ese descubrimiento. Ya está aquí la exploración del espacio exterior con pasajeros humanos y sin ellos y habrá de intensificarse fuertemente en el futuro. Sin embargo, no debemos dar vuelo excesivo a nuestra imaginación. Cuando el tiempo que requiere un viaje de ida y vuelta a un planeta distante excede a lo que ha de durar la vida del pasajero, la empresa se convierte en superflua. Cabe en lo posible el futuro control del clima, pese a las complicaciones y los discutibles éxitos de pasado. Un sector prometedor a este respecto es la rehabilitación de algunos desiertos que el hombre ha creado, pues con sólo restituir parcialmente la capa superior del terreno se puede ayudar a iniciar la circulación hacia abajo del aire, que tiende a traer consigo humedad y, con ella, un posible retorno a las condiciones propicias para la agricultura.

A buen seguro que ha de crecer la generación eléctrica a partir de la fisión nuclear. Probablemente llegue a ser importante la conversión directa de energía química a energía eléctrica. El uso directo de la energía solar para calentar, enfriar y producir electricidad llegará primero a las regiones soleadas y aisladas. Esa fuente será cada vez más importante a medida que comiencen a escasear nuestras enormes reservas de combustibles fósiles.

Debemos hacer frente a la demandas de nuevos materiales así como de nuevas fuentes de energía. El *agua dulce,* elemento cuya existencia la mayoría de las personas dan por sentada, se nos acaba. Nuevas fuentes de agua podrín abrir nuevos horizontes a la colonización. Habrá de intensificarse en grado sumo nuestra búsqueda de agua dulce, a partir de agua salada, de la que se halla en el aire y de la que puede obtenerse tratando las aguas negras.

Los materiales de construcción han pasado de la madera y la piedra al tabique, al hormigón y al acero estructural. Ya vienen materiales nuevos, entre los que los plásticos tendrán un papel que desempeñar. Se agotan ya nuestros minerales de gran calidad, a partir de los cuales obtenemos nuestros metales y las sustancias químicas especiales. Habrán de hallarse substitutivos y se realizarán esfuerzos especiales para recobrar los materiales de rocas de calidad baja y de los océanos. Hay un volumen inagotable de sustancias químicas en los granitos y en los océanos, y cabe realizar su explotación, aunque su concentración se mida en partes por millón o menos. El granito, cuando se le muele hasta dejarlo convertido en polvo, puede teóricamente producir, por medio de tratamientos químicos, muchos elementos, incluso el uranio, el tirio, el cobalto, el níquel, el tungsteno y el cobre. Habrá de recurrirse tanto a las aguas del mar como al piso de los océanos para que entreguen las sustancias químicas que el hombre necesita.

A medida que crezca nuestra población y nuestra industria, se multiplicarán los problemas de contaminación (contaminación de la tierra, del agua y del aire). Son problemas éstos que ya exigen la investigación científica intensiva.

Las investigaciones sobre el proceso del envejecimiento habrán de desembocar en una vida más prolongada. Sorprende que tan poca atención se haya consagrado a algo que importa a tanta gente. La teoría que explica el envejecimiento por causa del enlace cruzado de las proteínas merece investigaciones intensivas.

¿Será más lento el progreso de la ciencia en el futuro? ¿Proseguirá creciendo a ritmo cada vez mayor? A fines del siglo pasado algunos científicos carentes de visión afirmaban que ya eran conocidas a la sazón todas las leyes de la física y la química y que, por ende, no había ya mucho que hacer en la ciencia que no fuera mejorar los aparatos y refinar los experimentos de manera que la precisión de las mediciones avanzara un punto decimal. Vinieron luego los rayos X, la radiactividad, la teoría de los quantos, la fisión nuclear y las ramificaciones que acabamos de considerar.

¿Qué puede desacelerar la expansión de la ciencia? Se nos pueden acabar los hombres, el dinero, los materiales o los incentivos, o bien la ciencia puede hacerse tan compleja que ello estorbe su propio progreso. Por ejemplo, el volumen de literatura científica puede llegar a ser tan exagerado que su archivo, así como la recuperación de datos específicos, se torne algo excesivamente difícil. ¿Habrá de seguir la evolución de la ciencia la bien conocida curva logarítmica en S que

se observa en el desarrollo de las bacterias o en el de una colonia biológica? Al principio hay sólo unas cuantas unidades. Se multiplican y las nuevas unidades crecen casi exponencialmente, para luego proseguir multiplicándose según una proporción creciente, hasta que se hace inadecuado el volumen de alimentos para su subsistencia o hasta que producen elementos de contaminación que envenenan su medio ambiente. La velocidad del incremento es al principio lenta, luego rápida y acelerada, para finalmente decaer y hacerse cada vez más lenta. Platt ha hecho un agudo análisis de la situación y examina la posibilidad de que la ciencia afloje el paso, especialmente en las empresas grandes y costosas, como la exploración del espacio exterior y los separadores de átomos de alto voltaje, pone de relieve cuál ha de ser el espléndido estado del hombre en el futuro, siempre que sobreviva la raza humana. Sin embargo, no puede continuar indefinidamente la actual proporción de aumento en el apoyo que se presta a los grandes proyectos de investigación. Si así sucediera, basta con la pura extrapolación para mostrar cómo el gasto de investigación y desarrollo podría exceder el ingreso nacional.

Que la investigación científica continúe en un nivel elevado es algo que depende del apoyo que el público preste a la ciencia. En la actualidad el apoyo es generoso y el entusiasmo mucho. La manera de vivir norteamericana siempre ha incluido un cierto elemento de competencia y exploración. Estos últimos años han sido testigos de adelantos muy efectivos en la explicación de la ciencia al público en general, pero bien puede darse una rebelión contra la continua expansión del apoyo citado, por varias razones: la competencia que otras actividades pueden ofrecer con tal de ganarse su parte de la riqueza nacional, una reacción en contra de las siempre crecientes complejidades de una civilización controlada por la ciencia, o bien que se objete el hincapié que se hace en materia de armamentos, siempre más grandes y más letales, para la guerra. En lo personal, creo que gran parte del público se da cuenta de la importancia que tiene la ciencia y que por ello continuará prestándole su apoyo hasta el máximo de la capacidad de la nación, pero existen presiones en contra, que provienen de los ignorantes y de fuerzas antiintelectuales, que bien pudieran crecer.

¿Continuarán siendo los incentivos lo suficientemente fuertes como para atraer a nuevos científicos en potencia? Así lo creo, pese al prolongado adiestramiento y a los estudios rígidamente disciplinados que son necesarios. El incentivo que da mayor impulso es el amor a la exploración y el deseo vehemente de hacer más amplias las fronteras del saber.

Existe también la satisfacción que un científico deriva de su propia labor, o sea la emoción de ver cómo los datos experimentales al azar encajan en una recta o pueden expresarse con una compleja fórmula matemática. Hay en el trabajo científico una belleza excitante y una satisfacción análoga a la que produce la creación de una obra de arte.

El incentivo económico para los científicos y los inventores no es asunto que preocupe gran cosa, pues a muchos individuos les complace inventar, independientemente de que obtengan o no recompensa económica. Los científicos académicos e industriales ganan el reconocimiento de sus méritos y la promoción en las filas de sus colegas merced a su trabajo, pero sólo raramente obtienen rendimientos económicos concretos por realizar alguna investigación específica. Cierto es que el sistema de patentes de los Estados Unidos ha sido un factor poderoso para alcanzar el elevado nivel de nuestra riqueza industrial y de nuestro ingreso nacional, pero no menos cierto es que el incentivo de las patentes es más importante para atraer capital privado a fin de asegurar el desarrollo caro de un invento que para alentar al inventor original.

En ciertas esferas, como las de AID y el Cuerpo de Paz, bien puede estarse generando un nuevo incentivo para algunos especialistas de ciencias aplicadas e inventores que se dan clara cuenta de que elevar el nivel de vida de los países más pobres es un factor importante para aliviar las tensiones mundiales. Se dan cuenta de que las economías de estos países de incipiente desarrollo rápido, que difieren evidentemente de la nuestra, pueden afectarse de diversas formas importantes.

Hay, por otro lado, una filosofía que preconiza la actitud de "no preocuparse", por lo que se refiere a la evolución de nuevas ciencias aplicadas, circunstancia ésta que en mi opinión podría hacer lentos los beneficios de las mismas. Me topé con esta filosofía en mis primeros intentos para apresurar las aplicaciones de la energía nuclear y en mis posteriores esfuerzos por acelerar la aplicación práctica de los dispositivos de luz solar directa. Conforme a la filosofía de "no preocuparse", el techo técnico ya subirá por sí mismo y los problemas actuales ya se resolverán en el futuro. "Ya vendrá de todos modos un material mágico que satisfaga las necesidades que se presentan, de modo que no os afanéis demasiado por ahora". Pero es que el techo tecnológico no sube automáticamente; sólo sube porque unos cuantos precursores se dan de topes contra el techo y lo obligan a subir.

II

La abundancia de bienes materiales (como alimentos, ropa, casas, automóviles, fábricas y oficinas) y de servicios (como el transporte, las comunicaciones, los servicios de salubridad, los que procuran comodidad o protección y los que nos divierten y distraen) es una medida de la riqueza de una comunidad. La ciencia y la tecnología afectan enormemente tanto a bienes como a servicios, con el resultado de que hay una tendencia de las naciones ricas a hacerse más ricas y una inclinación concomitante de las naciones pobres a convertirse en relativamente más pobres. Cuando los individuos viven conforme a un nivel de mera subsistencia, la mayor parte de su tiempo y de sus es-

fuerzos ha de emplearse en procurarse apenas abrigo y sustento, razón por la cual no les queda tiempo ni ánimo para meditar en nuevos modos de hacer las cosas; pero, una vez que alcanzan un grado de desarrollo que rebasa el nivel de mera subsistencia, pueden tener máquinas que realicen el trabajo de muchos hombres y así crear más riqueza con la cual adquirir maquinaria mejor y más grande, que ha de producir una riqueza todavía mayor. Al liberarse así de la penosa rutina excesiva, se da lugar al desarrollo de las artes y las ciencias, así como al de la investigación, aparte de la introducción de nuevas tecnologías.

Quienes crean la riqueza la comparten con otros, ya sea por medio del comercio, de la buena voluntad o de los impuestos. De la misma manera, las naciones ricas comparten su riqueza con las pobres, y están comenzando a darse cuenta de que el mejor modo de ayudar es procurando oportunidades educativas y tecnológicas a fin de que estas naciones de rápido desarrollo incipiente puedan crear su propia riqueza. La influencia de las investigaciones científicas y de los adelantos tecnológicos puede verse no sólo entre naciones distintas sino también entre diferentes industrias de nuestro país. Las industrias como las de manufacturas químicas, electrónicas y de aviación, que se apoyan tanto en la investigación, prosperan enormemente, mientras que las industrias que han descuidado las investigaciones en su terreno no están tan boyantes.

En años recientes, las subvenciones para investigaciones, otorgadas por el gobierno federal, han puesto prominentemente de manifiesto la íntima liga entre la investigación científica y la riqueza. Se ha otorgado una parte considerable de dichos fondos para investigación, a instituciones tanto de la costa este como de la costa oeste de los Estados Unidos. En torno a estos laboratorios se han establecido muchas nuevas industrias productoras de bienes y riqueza. Las comunidades se dan cuenta ahora de la importancia que tienen estos fondos para investigación, como lo indica el hecho de que recientemente hayan competido entre sí ochenta y seis localidades, distribuidas entre cuarenta y seis estados, para ganar el contrato que ampara la próxima construcción y montaje del acelerador de alto voltaje, cuyo costo alcanza los 340 millones de dólares.

Un problema cada vez más complicado es distribuir prudentemente los fondos del gobierno para la investigación científica. ¿Debe gastarse la mayor parte del dinero donde es más grande la posibilidad de rendimientos productivos por la inversión en investigaciones? ¿Debe existir la tendencia de que las instituciones más eficaces en la investigación reciban más fondos aún, para hacerse todavía más eficaces? ¿Debe procurarse el equilibrio entre instituciones grandes y pequeñas así como entre diferentes regiones geográficas del país? ¿Debe alentarse a los centros de investigación menos activos a fin de que se tornen más productivos para así diseminar los recursos de la nación?

Prosigue vigorosa y continuamente el esfuerzo en la investigación de materiales nuevos que satisfagan requisitos especiales: acero para herramientas y maquinaria que tengan que soportar altas velocidades, materiales ligeros que puedan soportar el fiero calor que genera el reingreso de los vehículos extraespeciales al seno de la atmósfera terrestre, metales y plásticos de prolongada duración, que no se corroan, de propiedades especiales, hechas a propósito para satisfacer nuevas exigencias. Presente está siempre el apremio de materiales mejores y más baratos, y la demanda se satisface ahora y seguirá satisfaciéndose.

Constantemente se buscan nuevas fuentes de energía. En el pasado, la riqueza industrial ha brotado en derredor de las minas de carbón, como las de Inglaterra durante la revolución industrial o como las de Pittsburgh y en torno a fuentes de energía hidráulica, como las de las cataratas del Niágara. Ese cuadro se ha transformado según mejoran los medios de transporte, pues las líneas de transmisión de alto voltaje llevan la energía eléctrica a cientos de kilómetros de su origen y las tuberías transportan el gas natural a través de miles de kilómetros.

Damos por sentado que siempre habrá combustible y electricidad en abundancia y a bajo precio. Actualmente se satisfacen las necesidades de la industria, los transportes, la comunicación y el calentamiento y enfriamiento para fines de comodidad, principalmente con combustibles fósiles —carbón, petróleo y gas— producidos por la luz del Sol en otras edades geológicas. No durarán indefinidamente. La energía atómica a partir de la fisión del uranio y el torio habrá de durar mucho más, pero el uranio y el torio, como el carbón y el petróleo, tienen un límite. La energía del Sol es ininterrumpida y amplia. La cantidad de energía solar que cae sobre un gran desierto al norte de Chile durante un año es igual en valor calorífico a todo el carbón, el petróleo y el gas que se quemen durante ese año en todo el mundo. No hay duda de que la energía solar sirva allí donde abunda la luz del Sol, pero es en la actualidad caro hacer acopio de ella, para luego usarla compitiendo con el combustible fósil, que es barato. Sin embargo, hay sitios en el mundo en que es caro el combustible fósil y en donde desde ahora podría ponerse a trabajar al Sol. Casi no hay apoyo económico actualmente para la investigación de la energía solar por parte del gobierno federal. Durante la década pasada, la Fundación Rockefeller ha apoyado un programa considerable de investigaciones de la energía solar en la Universidad de Wisconsin, programa que hace hincapié en la ayuda a las naciones de rápido desarrollo incipiente. Estamos agradecidos por recibir tal ayuda. Un libro reciente resume el actual nivel de desarrollo de las diferentes maneras de usar directamente la energía solar, señala campos de investigación y proporciona una bibliografía. En la URSS se hacen esfuerzos en la investigación de la energía solar que son, más o menos cinco veces mayores que los que se hacen en los Estados Unidos. En atención a su importancia para el futuro, deben estudiarse con mucho mayor vigor las posibilidades de la energía solar.

Para unidades pequeñas de unos cuantos litros a unos cuantos miles de litros, la destilación solar constituye el medio más barato de obtener agua potable del agua salada. Actualmente se producen más de siete millones de litros de agua potable al año, merced a la destilación solar. Aunque hasta ahora sólo unos cuantos mecanismos solares se han operado con éxito, es de esperarse que, gracias a los nuevos materiales y a los nuevos resultados de la investigación, ha de existir en el futuro una actividad considerable en los sectores del calentamiento, el enfriamiento y la generación de electricidad por medio de máquinas caloríficas y generadores termoeléctricos y fotovoltaicos. La muy cara generación solar de la electricidad por medio de baterías solares se ha tornado, súbita e inesperadamente, en muy importante, para usarse en los vehículos de exploración espacial. Habrá de convertirse en algo cada vez más importante.

Otras facetas de la investigación de la energía solar incluyen mejoras en el diseño de superficies externas de edificios de viviendas y de oficinas, para controlar la carga de calentamiento o de enfriamiento, así como el desarrollo de materiales que soporten larga permanencia a la intemperie y la exposición a la luz del Sol. Habrán de evolucionar tipos nuevos de agricultura en los que se cultiven plantas alimenticias con un elevado grado de eficiencia. Ya se han iniciado los primeros intentos con el cultivo en masa de las algas. También es importante cultivar plantas en zonas desérticas o semidesérticas, bajo cubiertas de plástico, a fin de conservar la costosa agua, destilada del océano o de pozos de agua salobre. En esto están involucrados problemas serios, como los del sobrecalentamiento. Es ahora cuando debe iniciarse la investigación a largo plazo, a fin de satisfacer futuras escaseces de víveres con nuevos tipos de agricultura, diferentes de los habituales, con el potencial para duplicar o triplicar los rendimientos en zonas especiales, más bien que para incrementarlos en moderados porcentajes. Ya desde ahora es posible hacer materias comestibles a partir del petróleo y del carbón. Hay que impulsar este tipo de investigación. Es interesante captar el hecho de que incluso en la actualidad, contando con nuestra agricultura mecanizada, por cada caloría de víveres que se produce, otra caloría de combustible derivado del petróleo se ha gastado en arar, cosechar, preparar y distribuir. Cuando en el futuro distante se agote el combustible, nos quedaremos también sin comida, a menos que nuestros científicos se preparen adecuadamente para hacer frente a esa contingencia.

Tradicionalmente, los científicos han sido felices al trabajar solos en sus laboratorios aislados. Nada les importaba el que sus experimentos desembocaran en la supresión de una industria por obsoleta o en la creación de una nueva arma para la guerra, pero tal actitud se transformó bruscamente cuando los científicos desarrollaron la bomba atómica. En aquel entonces yo desempeñaba un puesto de responsabilidad administrativa y me encontré actuando como elemento amortiguador entre el Ejército, que hacía hincapié en la importancia del secreto total, y los científicos, que se agitaban ante las implicaciones

políticas, sociales y morales de la bomba. En julio de 1945, a solicitud del Dr. Arthur Compton, realicé una encuesta entre los científicos del laboratorio metalúrgico del Proyecto Manhattan, en Chicago, sobre cómo había que usar la bomba atómica en la guerra contra Japón. Los científicos discutieron animadamente entre ellos las implicaciones citadas y formaron comités. Una vez que explotó la bomba y que, ya para terminar la guerra, quedó levantado el velo del secreto, procuraron ellos informar al público en general, en forma instructiva. Acudieron a Washington, a su propia costa y haciendo uso de su propio tiempo, para instruir a los diputados del Congreso y para cabildear en pro del control civil de la energía atómica. Fundaron el *Boletín de los Científicos Atómicos*.

Se palpa en muchos científicos su sentido de responsabilidad social. Les preocupa en sumo grado las posibilidades de guerra así como el bienestar de sus vecinos, el mejoramiento económico de las naciones más pobres y la obtención de un abasto adecuado de víveres, combustibles y recursos para el futuro.

Muchas personas, en todas las esferas del pensamiento, consideran que es ominoso el incremento sin control de la población mundial. Por fin, la gravedad de la situación se aprecia ya en todas partes, incluso en nuestro país próspero, donde a diario se necesitan nuevas escuelas y en donde los dormitorios para estudiantes universitarios se convierten en rascacielos. La necesidad puede ser mucho más obvia en los países sobrepoblados más pobres, cuyos dirigentes aprenden ya desde ahora que algo puede hacerse en relación con el problema demográfico.

¿Cuál es la ventaja si los logros en productividad agrícola se borran inmediatamente con los incrementos explosivos en el número de bocas por alimentar? Hay tres mil millones de habitantes en el mundo actualmente. Para el año 2000 habrá seis mil millones, y, a la larga ni siquiera habrá donde pararse en el planeta si continúa indefinidamente la actual proporción exponencial de crecimiento.

El problema es complicado, pero la ciencia ha realizado una tarea eficaz al suministrar los medios, médicos o mecánicos, para controlar el incremento de la población. Los padres prudentes pueden hoy en día restringir el tamaño de sus familias, de modo que sus hijos tengan opción a la mejor oportunidad para desarrollarse y educarse, ahorrándole a la comunidad en general la carga que los progenitores de demasiados niños o de niños que no desearon no pueden o no quieren asumir. Queda, pues, a cargo de los gobiernos en el orbe entero, de los pensadores de vanguardia y de las instituciones culturales el fomentar la aceptación general de la planeación familiar.

Cuando los vecinos más cercanos quedan bien lejos, la gente puede ser descuidada al desechar materiales usados, pero, cuando a la libertad de trasladarse de un lugar a otro sigue el apiñamiento urbano, se requieren todos los esfuerzos de científicos, ingenieros y gobiernos para mantener un medio ambiente sano, productivo y placentero. Afortunadamente, también en esto la gente está adquiriendo una

aguda conciencia de la necesidad de mejorar los métodos para desechar desperdicios, otro aspecto más en que la ciencia puede cambiar enormemente las condiciones, si se le da la oportunidad de hacerlo. Hoy en día mejoran ya nuestra tierra los albañales, los camiones recogedores de basura y los programas de embellecimiento. El tratamiento de aguas negras y el control de la contaminación del agua por causa de las operaciones de las fábricas intentan desde luego salvar a nuestros ríos y lagos. En la actualidad tenemos problemas agudos con la contaminación del aire, como a menudo se ha mencionado (espectacularmente en el caso de la mezcla de gases que enrarece el aire que se respira en las grandes ciudades). Los científicos han demostrado que están involucradas reacciones químicas complicadas entre el óxido nítrico que sale del escape de millones de automóviles y la materia orgánica suspendida en el aire, que se aceleran por la acción de la luz solar. Los científicos continuarán explicando los nuevos problemas de contaminación en el futuro. Tratarán de mantenerse un paso adelante de las dificultades creadas por detergentes e insecticidas y por los nuevos productos químicos que están todavía por concebirse al servicio de una civilización con exigencias siempre crecientes. Pero es el caso que los gobiernos y los pueblos habrán de ceñirse a las normas que establezcan los científicos investigadores y los ingenieros. Afortunadamente, muchos de los elementos de contaminación son de índole orgánica y, con el tiempo, pueden hacerse inocuos por el oxígeno del aire y por la luz del Sol. Los desperdicios radiactivos no responden a estos métodos químicos naturales de purificación, pero también en esto trabajan los científicos y estarán preparados para proporcionar procedimientos seguros.

Las actuales tensiones internacionales han sido en gran medida entre el Oriente y el Occidente, es decir entre las naciones capitalistas y las comunistas. Al parecer, dichas tensiones aflojan ya (excepto en el caso de la China Comunista). Las diferencias se tornan menos pronunciadas a medida que las naciones en que hay empresas privadas distribuyen la riqueza a través de los impuestos sobre los ingresos y la legislación social, mientras que la URSS descubre que son útiles los incentivos para la iniciativa privada. Las futuras tensiones internacionales pueden más bien surgir a lo largo del eje norte-sur, o sea entre las naciones más ricas y las naciones más pobres, cuya mayoría se localiza entre las latitudes 30° norte y 30° sur. Sucede que esta región es también la "faja del Sol", donde la radiación solar es un recurso natural importante. Los pueblos de las naciones con bajo ingreso económico pueden ver que es posible una mejor vida para ellos, y por esa razón la exigen *desde ahora.* Resulta vital que las naciones ricas ayuden a las pobres. Durante años enteros han sido misioneros de las iglesias quienes se han encargado de la tarea de ayudar y ser útiles y hoy en día el Cuerpo de Paz demuestra con hechos su eficacia. Los científicos y los ingenieros comienzan a señalar el rumbo de las tecnologías adecuadas para las condiciones locales así como la orientación de nuevos sistemas económicos que habrán de

elevar el nivel de vida. En el futuro habrán de requerirse urgentemente dichos esfuerzos a fin de reducir la brecha económica y las tensiones políticas que de ella resultan. Hemos visto los logros notables de la ciencia y la extraordinaria influencia que han tenido en la evolución de nuestra actual civilización. Los científicos sociales y quienes administran los asuntos humanos recurren a algunos de los métodos que tanto han hecho para hacer avanzar a la ciencia. Dada la enorme complejidad de los problemas humanos, seguro es que nuestras máquinas electrónicas, matemáticas, se constituyan en un auxiliar valioso. Hemos comentado la revolución industrial que siguió a la introducción de las máquinas, expandiendo la potencia del músculo humano; quizá estamos hoy frente a una revolución aún mayor, dado que la introducción de las computadoras electrónicas expanden el poder de la mente humana.

La ciencia puede, desde un punto de vista *material,* resolver muchos de los problemas de la raza humana. Puede ayudar a dar a la mayoría de los pueblos de la Tierra una sociedad de abundancia que incluso sea mucho más adelantada que la que conocemos, pero también puede crear problemas serios. La solución de los problemas humanos está sumamente rezagada con respecto a la solución de los problemas materiales. Con apoyo en la ciencia podemos seguramente resolver nuestros problemas materiales; con *tiempo* y buena voluntad, podemos hacerlo propio con los problemas humanos.

La ciencia puede ayudar a resolver nuestras futuras dificultades, pero las soluciones importantes residen en las actitudes de los pueblos mismos. En este coloquio se prestó atención a las relaciones entre la ciencia y la religión. Básteme decir que el altruismo que la religión ha enseñado durante los últimos 2000 años ha afectado profundamente las instituciones humanas. Carecemos de medios para demostrar lo que podría ser actualmente nuestra civilización si no hubiéramos tenido la influencia de la religión. Bien podemos quedar en espera, impacientemente, de que en el futuro nos lleguen informes sobre civilizaciones en otros planetas distantes, donde las criaturas vivientes se desenvuelven en condiciones análogas a las que existen en nuestra Tierra. Dados los antecedentes religiosos y morales diferentes, ¿cómo han evolucionado tales individuos (si los hay) y de qué manera han resueltos los problemas que la coexistencia les ha impuesto? Credos y ritos no parecen ser muy importantes a los ojos de los científicos de inclinaciones sociales, pero es un hecho que la influencia de la religión en el servicio desinteresado y en las relaciones personales altruistas, así como en la organización de las instituciones humanas es de una importancia tremenda.

Hay un problema cuya importancia, en mi opinión, trasciende la de los demás: el de la guerra atómica. El esfuerzo *principal* de los científicos, los estadistas y el público en general debe canalizarse hacia la reducción de las posibilidades de guerra. La guerra atómica no da tiempo y la raza humana tiene la capacidad física de suicidarse, dejando una Tierra radiactiva, para que la habiten las cucarachas.

y los insectos que pueden vivir en un mundo con una radiactividad mucho mayor que la que podría tolerar el ser humano.

Uno de los recuerdos más vívidos de mi existencia se remonta a aquel día de agosto de 1945 en que los periódicos dieron la noticia de la explosión de la bomba atómica en Hiroshima. En la esquina de una calle cercana al laboratorio atómico en Chicago, comenté con otro administrador científico: "Es éste el día triste en que hemos puesto dinamita en manos de niños". Me replicó él: "¿Qué quieres decir con eso de día triste? Todo hombre, mujer y niño de este país se ha afanado al máximo para poner fin a la guerra y ahora vosotros, los científicos, lo habéis logrado". "Así es —le contesté—. Hemos salvado a nuestros hijos, pero no estoy muy seguro de que hayamos hecho lo mismo con nuestros nietos".

Al contemplar los próximos cien años, démonos cuenta de que nuestra civilización continuará dependiendo cada vez más de la ciencia y de que será abundante y feliz *si* nuestros políticos y dirigentes públicos, nuestros voceros cristianos y religiosos, nuestros científicos y los pueblos de todas las naciones aunan sus capacidades inteligente y vigorosamente para utilizar tanto la ciencia actual como la futura con el fin de ayudar a todos los pueblos y para manejar las instituciones humanas —internacionales, nacionales y locales— dentro de un marco de ley y justicia. Ese "si" es un "si" *enorme*.

El mejoramiento de la humanidad y, en realidad, la *supervivencia* de la estirpe humana en el futuro, depende no de la ciencia y los científicos, sino de quienes apliquen la ciencia a los asuntos humanos. En los últimos cien años, el hombre intelectual y el hombre económico han producido una expansión increíble, lo mismo en su comprensión que en su explotación del medio ambiente que les rodea. En los siguientes cien años, el hombre moral bien puede producir una ampliación increíble de su comprensión y del desarrollo de sí mismo. Tenemos ahora una ley que opera en los asuntos humanos que necesita mucha mayor atención de la que hoy en día se le presta: la ley de la cooperación humana.

NOTAS BIBLIOGRÁFICAS

Hay una abundancia de material verdaderamente fascinante sobre el tema de la ciencia y el bienestar futuro de la humanidad, en libros y revistas recientes.

Hay tres publicaciones significativas de la Academia Nacional de Ciencias. *The Scientific Endeavor* (Nueva York: Imprenta del Instituto Rockefeller, 1965). En este libro se celebra la fundación de la Academia hace un siglo. El último capítulo lo forma un discurso notable sobre un siglo de conquistas científicas, pronunciado por el Presidente John F. Kennedy. Es una de sus últimas alocuciones en público.

El informe de la Academia al Congreso de la Unión sobre *Basic Research and National Goals* (1964), elaborado bajo la dirección de G. B. Kistiakowsky, incluye los puntos de vista de muchos científicos de primer orden.

Hay también otro informe de la Academia *(Growth of World Population)* sobre el crecimiento de la población mundial.

La obra de L. V. Berkner *The Scientific Age: The Impact of Science on*

Society (New Haven, Conecticut: Yale University Press, 1964) examina muchos de los tópicos de esta Conferencia.

El libro de Harrison Brown *El Reto del Futuro del Hombre* (Nueva York: Viking Press, 1954) es en verdad un libro que desafía y pone en entredicho la capacidad mental del lector y que hace hincapié en las posibilidades de la aplicación de la ciencia a los problemas humanos, entre los cuales es prominente el de la población excesiva.

R. E. Lapp desmenuza en su reciente libro *The New Priesthood* (Nueva York: Harper y Row, 1965) la importancia de la ciencia y la responsabilidad de los científicos.

D. Gabor en *Inventing the Future* (Nueva York: Alfred A. Knopf, 1964) señala que la civilización se enfrenta a tres peligros: la destrucción por la guerra nuclear, la sobrepoblación y una era de pereza.

J. B. Wiesner, en su libro *Where Science and Politics Meet* (Nueva York: McGraw Hill, 1965), examina con la autoridad que le confiere el ser consejero sobre ciencias del Presidente Kennedy, las oportunidades y los problemas de la ciencia.

H. Jarrett, ed., *Science and Resources: Prospects and Implications of Technological Advance* (Baltimore, Md: John Hopkins, Press, 1959), publicado para la empresa Resources for Future, Inc.

M. Polanyi en *Personal Knowledge* (Chicago: University of Chicago Press, 1958) hace hincapié en la tesis de que la participación personal del científico en sus conocimientos es parte indispensable de la ciencia misma.

C. P. Snow en *The Two Cultures and The Scientific Revolution* (Nueva York: Cambridge University Press, 1959) recalca las dificultades que hay para la comunicación y comprensión entre los científicos y quienes no lo son, así como la importancia de una y otra.

E. Rabinowitch ha escrito un libro significativo sobre *The Dawn of a New Age* (Chicago: University of Chicago Press, 1963).

R. B. Lindsay, *Role of Science in Civilization* (Nueva York: Harper y Row, 1963).

H. Boyko, *Science and the Future of Mankind* (Bloomington: Indiana University Press, 1961).

L. M. Marsak, *The Rise of Science in Relation to Society* (Nueva York MacMillan Co., 1964).

J. Ellul, *The Technological Society* (Nueva York: A. Knopf, 1964).

C. P. Haskins, *The Scientific Revolution and World Politics* (Nueva York: Harper y Row, 1964).

H. C. Benjamin, *Science, Technology and Human Values* (Columbia, Misurí: University of Missouri Press, 1965).

R. Schrader, *Science and Policy* (Nueva York: Pergamon Press, 1963).

R. Gruber, *Science and the New Nations* (Nueva York: Basic Books, Inc., 1961).

G. Piel, *Science in the Cause of Man* (Nueva York: Alfred Knopf, 1961).

La Academia Norteamericana de Artes y Ciencia ha publicado en su revista *Daedalus* dos conferencias: "Ciencia y Tecnología en la Sociedad Contemporánea" 91, 2 (1962) y "Ciencia y Cultura" 94, 1 (1965).

Las Naciones Unidas tienen una publicación regular en *Impact of Science on Society.*

R. A. Rettig (1964), L. F. Audrieth y H. I. Chinn (1965) han visto publicados sus estudios sobre ciencia, tecnología y asuntos extranjeros, por el Instituto del Servicio Exterior del Departamento de Estado de los Estados Unidos.

El *Bulletin of the Atomic Scientists,* bajo la sabia y eficaz dirección de Eugene Rabinowitch, ha publicado muchos artículos de gran autoridad y que incitan a la meditación sobre la ciencia y los asuntos públicos. Su tema principal ha sido la necesidad absoluta de impedir una guerra nuclear.

El número de noviembre de 1965 publicó un artículo pesimista de Max Born, que expresa la opinión de que nuestra civilización no puede absorber

adecuadamente al método científico. No estamos todavía listos para instrumento tan poderoso. Prevé horrores políticos y militares y un derrumbamiento de la ética como consecuencia necesaria del rápido ascenso de la ciencia. "Si sobrevivimos a una guerra nuclear —afirma— la raza humana puede degenerar en un rebaño de criaturas estúpidas y mudas, que vivan bajo la tiranía de dictadores, que las dominen con la ayuda de máquinas y computadoras electrónicas".

Estos son sólo unos cuantos de los muchos artículos interesantes que sobre este campo se han publicado.

Varían enormemente al oscilar en toda la escala que va desde el optimismo al pesimismo. Yo me cuento entre los optimistas. Los pesimistas hacen hincapié principalmente sobre una explosión atómica y una explosión demográfica. En mi opinión, el mayor peligro reside en la posibilidad de la guerra atómica.

9

LA CIENCIA, LA EDUCACION Y EL FUTURO DE LA HUMANIDAD

Philip Morrison

Antes que otra cosa, me gustaría presentar algunas profecías substantivas. No las formulo con la idea de que sea probable que se conviertan en realidad. Bien sé que el dominio de lo posible es mucho mayor que el de nuestra imaginación, por lo menos que el de la mía. Me gustaría, empero, puntualizar que aprovecho ansiosamente la oportunidad de mostrar esta predicción en el sentido de un sondeo tentativo. Una profecía —que es una proyección— constituye una mejor calibración y una mejor percepción de las premisas y las inquietudes no expresadas por quien habla, que casi cualquier otra cosa que pudiera decir. Por lo tanto, en lugar de tratar de explicar mis experencias y de cómo he llegado a lo que pienso, presentaré algunas profecías atrevidas. Una vez que os percatéis de cuál es la tendencia de dichos vaticinios, por comparación con vuestra propia visión del futuro, veréis a partir de qué tipo de premisas, de qué clase de prejuicios, de qué suerte de errores y de interpretaciones falsas trabajo yo. Si de otra manera actuara, no habría manera de juzgar la validez de lo que afirmo, y puesto que no hay espacio suficiente para entregar a vuestra consideración la evidencia indispensable, esto es lo mejor que puedo hacer.

Primero, quiero daros una aseveración directa, muy simple, de algo que de veras creo que se tornará en realidad. Eso no hace que resulte más probable que se convierta en realidad, pero si patentiza que tengo una sensación de confianza. (Una vez más una declaración sobre mi

persona, circunstancia que los lectores bien pueden tomar en cuenta para su necesaria evaluación). Esta conferencia tuvo lugar en un nuevo y hermoso recinto, después de cien años de ciencia en Notre Dame. Ahora bien, me aventuro a afirmar que hay ciertas diferencias importantes entre esta sala de congresos y la que pudiera haberse usado hace cien años para hablar en Notre Dame de un siglo de ciencia en perspectiva, si es que se hubiera intentado hablar de ello. Pero el caso es que las diferencias son pequeñas. Son diferencias un poquitín como las que nos endilgan en un bazar a la norteamericana de artículos de consumo, en donde nos prometen enormes novedades aunque a menudo no son en realidad muy novedosas. Cuando lo son, más resultan novedosas porque le ahorran dinero al fabricante que porque proporcionen nuevo placer o vigor para el consumidor. El marcar números girando un disco nos lo encasquetan como un gran adelanto nuevo; es muy importante para la compañía de teléfonos, eso no lo dudo, pero para mí constituye un claro aunque pequeño retroceso, y cualquiera que haya usado el teléfono sabe que así es.

Me gustaría plantear la pregunta: ¿Qué hay en este recinto que pudiera diferir de lo que habrá en él dentro de cien años? Aquí creo que vamos llegando a una verdadera cuenca colectora. La sala está más brillantemente iluminada de lo que hubiera podido estarlo en 1865. El sistema de calentamiento es diferente, aunque estoy seguro de que también entonces se calentaba el recinto, quizá con un poco más de corrientes por causa de la estufa de carbón, pero eso constituía principalmente una preocupación del encargado de producir el calor. El individuo que mantenía caliente la sala tenía una faena diferente de la del individuo que en la actualidad realiza la tarea, pero no es ese nuestro problema: ese es asunto de los auditores. Como el "consumidor" lo ve, como lo ve quien ahora escucha o quien está hablando, el cambio no resulta muy bien que digamos. Hubo entonces, supongo, velas y lámparas de aceite: fuentes excelentes de luz, casi blanca, bastante limpias, nada de malo hay en ellas. No tan baratas, ni tan controlables como ahora pero nosotros no usamos uno solo de esos controles; nadie está ajustando las luces, nadie hace girar ruedas de colores y ninguna de las oportunidades que la luz eléctrica ha puesto a disposición de la comunicación de idea y sentimiento se usa en manera alguna en nuestro contexto. Nuestro contexto, si me perdonáis lo coloquial de la expresión, es desesperadamente "denso"; esto es, resulta el contexto educativo, el contexto de personas serias que se aplican un tanto formalmente a las cuestiones intelectuales. No se ha beneficiado mucho con aquella novedad, no siempre buena, pero sí característica de las artes del siglo xx. Incluso diría yo que la novedad es característica de la ciencia del siglo xx, pero que todavía no lo es del discurso, del discurso académico, universitario. Es esto lo que creo que no habrá de persistir.

Dentro de cien años contados a partir de hoy, un auditorio será más rico. Percibo esto en el siguiente sentido: Ni siquiera traje diapositivas; si las hubiera traído, podría habérmelas arreglado para exhibirlas —con alguna pena, creo yo— sobre una pantalla situada detrás de mí, pero no lo hice así porque sé que es difícil y porque no eran muy pertinentes que digamos, si bien por supuesto, me puedo referir a libros, a cuadros, a mecanismos, y dispositivos, a niños, a muchas cosas. Si pudiera con el simple toque de una varita mágica reproducir imágenes, páginas de libros y voces de oradores, podría realizar una exhibición mucho más convincente y, ciertamente, más rica. Concedido queda que podría perder la austeridad que confiere a su intervención un solo orador (se gana siempre algo por aquello que se pierde, siempre se deja algo de lo que se gana), pero podría en cambio lograr un equilibrio mucho mejor. Eso no lo hacemos en la actualidad. Una forma degradada de la comunicación intelectual, la pantalla de la televisión, sí lo hace, pero con un gran gasto. ¿Por qué? Porque todavía es muy complicado el mecanismo. Para que yo lo hiciera, se requeriría una dirección de escenario, directores, productores, montones de trabajo. Dentro de cien años eso no sería así.

Me aventuro a afirmar que, hacia fines de ese siglo, un anfiteatro tan bien equipado de una universidad con ubicación tan céntrica como la de Notre Dame, tendrá en la parte posterior del recinto una caja negra que posea el acceso a todo lo sabido, a todo el acervo cultural, informes e imágenes que en el mundo haya. Se estará capacitado para hacer aparecer cualquier parte de ello, a poco gasto, con sólo apretar algunas teclas; aparecerá proyectada en el acto cualquier página de cualquier libro. A buen seguro que será así de fácil, o incluso más fácil todavía.

Creo que la ciencia y su aplicación a la tecnología no ha empezado todavía a transformar la vida de la mente cerca del grado en el que habrá de elevarse algún día. Lo que la imprenta hizo en un principio fue no sólo diseminar el producto del saber de unos cuantos individuos a un gran número de personas, sino que también hizo posible en gran medida la división del trabajo intelectual. En el futuro será preciso incluir para toda actividad intelectual a la máquina, a la computadora. Una nueva persona entrará al mundo. Dentro de cien años yo tendría una manera más rica de expresarme. Habiendo apretado unas cuantas teclas para producir una pequeña tarjeta de mí mismo, podría simplemente presionar la tarjetita sobre una mesa, recargándome sobre unos cuantos puntos de contacto y en la pantalla aparecería bien simpáticamente, a colores y a voluntad, cualquiera de diez millones de libros, cualquier tramo de cualquier película animada o cualquier resumen previo que me viniera en gana mostrar. No hay razón alguna para que no contemos con este tipo de dispositivo. Ya vendrá. Se tiene a mano la tecnología.

Si yo trabajara para la Agencia Central de Inteligencia, ya casi tendría una cosa así para esos treinta millones de documentos copiados con mimeógrafo que tienen. Esta referencia, deliberadamente irónica, es para demostrar que no quiero decir que todo lo que se presente en aquella pantalla será siempre cierto o sensato, pues ese es problema de selección humana. Así como no todo lo que se imprime hace jus-

ticia a la memoria de Gutenberg, así igualmente no todo lo que se exhiba en las pantallas de las computadoras hará justicia a su capacidad. Yo tengo metódicamente la opinión de que nos encontramos en un estado de transición; vamos a presenciar transformaciones —los que estamos aquí no las veremos, pero comenzamos ya a sentirlas— más grandiosas que ninguna otra cosa en ocho a diez mil años de historia de la estirpe humana.

Séame permitida otra observación, nada más para mostrar el tipo de ciencia que creo será característico del siglo (no me incumbe la tarea de hablar sobre esto, pero traspaso los límites sólo por calibrarme a mí mismo). La biología se transformará notablemente. La transformación más importante en la biología será, según creo, que habrá cuatro, o quizá cinco, tipos independientes de vida. Uno, nuestra propia vida, esa continuidad con el virus de mosaico de tabaco que compartimos incluso en la tendencia de hacer intervenir más a nuestros aminoácidos. Dos, un tipo de vida que evolucionará a partir de la nuestra y, por tanto, no descoyuntada de ella sino distinta a ella, con una afiliación química o hereditaria totalmente nula con respecto a cualquier otra forma de vida. Será ésta la que me gustaría llamar la vida de la máquina, esto es, la electrónica, la cristalina, etc., que habremos de fabricar de alguna manera. Tercero, una vida químicamente reconocible como análoga a la nuestra, pero que habremos elaborado en la probeta por algún medio especial, no muy adelantado pero sí bastante interesante. Así pues, habrá tres clases de vida terrestre. Cuatro, creo que habrá exobiología, la biología de esferas de vida independientes, de aparición natural, muy probablemente en el planeta Marte; quinto, de probabilidad escasa, pero que no excluyo, algún planeta remoto que se dé a conocer merced al establecimiento de una comunicación que revele inteligencia de grandes vuelos. Este es el cuadro al que ha de enfrentarse la biología dentro de cien años.

Yo diría, con un máximo de sobriedad, que no creo haber vislumbrado lo que *habrá* de suceder, pero sí que el cuadro general evocado, la metáfora que contiene mi conjetura, se hará realidad. No podemos mostrar el futuro preciso, pero podemos afirmar, a grandes rasgos, qué suerte de futuro habremos de presenciar. Espero por esta senda escapar de la contradicción lógica con la que nos amenaza el profesor Feigl, que nos señala que no podemos predecir descubrimientos futuros sin hacerlos por ello presentes. Eso es cierto, pero bien puedo barruntar que algunos teóricos pudieran descubrirse y considerarlos como ciertos. Esa no es una manera alguna una contradicción; las predicciones no son reales y, sin embargo, dan a entender algo. La aproximación es el principio del físico.

¿Qué más habrá de nuevo en el mundo? Considero que habrá dos o tres cosas que resultan pertinentes para la discusión de la educación. Primeramente, creo que es inexorablemente el caso que otros grupos nacionales diferentes del nuestro (o los de tradición europea occidental y de Asia occidental) y muchísimas personas más en lo individual, muchísimas más mentes de todos los tipos, entrarán al dominio de la ciencia de los que jamás se hayan previsto. Me inclino a creer que las contribuciones científicas de hace cincuenta o setenta y cinco años, restringidas a unas cuantas lenguas de la Europa occidental se verán expresadas en los idiomas principales del mundo; el tipo de personas ocupadas en esta actividad, un pequeño grupo de la Europa occidental hará 300 ó 400 años, habrá de encontrarse diseminado en todo el globo, formando parte de muchas sociedades, en muchos países. Sospecho que el mundo académico —y en especial esa parte del mundo académico, que como nosotros, se avoca a temas abstractos y que poco tienen que ver con las tareas de las profesiones o incluso con adelantos tecnológicos específicos— será una parte muchísimo mayor de la humanidad de lo que hasta ahora ha sido. Así como hoy en día vemos que la instrucción se acrecentó a partir de la imprenta, de igual manera seremos testigos de un nuevo acrecentamiento fértil de obras doctas. Es una perspectiva amedrentadora pero no creo que pueda evitarse. No intento hacer una profecía indubitable sino tan sólo señalar lo que la continuidad de la tendencia insinúa.

En concreto, tengo la sensación de que estamos en un gran momento de cambio, una época de transformación que en significado profundo le va a la zaga solamente a otra época de la prehistoria en que la gente cambió sus hábitos de caza por los del labriego, considerados como los medios esenciales de vida. Quizá sucede todavía que las imágenes pastorales y de agricultura controlan aún nuestras mentalidades. Todavía estamos ubicados en la relación de ovejas con pastor. Tomamos parte en el pan, preparamos mesas, nos ocupamos de tazas que pueden llenarse. Son estos artefactos que actúan como símbolos, que todavía mantenemos y que no existían hará diez mil años. Ni siquiera existía para los hombres de hace diez mil años la materia prima de una metáfora así. No sabían mucho de tazas, de ovejas, de pastores. Toda esta transformación vino, como en la actualidad sabemos, muy probablemente hará unos 8 a 10 mil años, en Asia occidental, en las estribaciones de las montañas que rodean a los grandes valles de la Mesopotamia, donde floreció la primera civilización, 5000 años después. Propongo a consideración la idea de que las transformaciones que se llevan a cabo hoy en día son de iguales proporciones y, según creo, más rápidas que las de esa época. Por el hecho de que estamos sumergidos en ellas, no nos encontramos capacitados para apreciar su magnitud.

Séame permitido volver a expresarlo así. Cuando instruimos a los chicos de la escuela la imagen que usamos es la de la granja y el granjero, los cultivos, el labriego López y la vaca baya. Aceptamos así que ésta es en realidad, la base substancial de nuestra vida, pero basta una mirada a los datos económicos de las estadísticas para demostrar que la forma de vida que se llama existencia en la granja es cada día más rara en este país, y una sencilla extrapolación demostrará que en veinte años, lapso corto en verdad, el número de personas que trabajen en los laboratorios será mayor que el de los individuos que laboren en las granjas. Casi lo palpamos ya, pero es una trans-

formación tan extrema que, comparada con la historia del hombre, merece una atención enorme. Reside en la base, no meramente en forma económica, en forma de impuesto sobre la renta, sino en forma de metáfora, de lenguaje, de símbolo, de términos del pensamiento, de valores. El mundo va a estar sumergido en la ciencia y la tecnología o, si se quiere ser antagónico, va a ser consumido por ellas; preciso es que nos enfrentemos a ello. Nuestra propia época forma parte de esa gran transición.

Me gustaría asignarle una fecha a esta gran transformación. El desarrollo de la ciencia moderna data de los siglos XIII y XIV, a partir de la tradición del escepticismo teológico, que en cierta forma culmina con la obra de Nicholas Cusano *De la Docta Ignorancia*. Los inicios de nuestra ciencia moderna pudieran muy bien hacerse remontar a ella. Contando desde 1400, para cuando este siglo termine habrán transcurrido 600 años y el transcurso de esos años representa una transformación enorme, que va desde hablar en un nivel puramente filosófico sobre cómo habría que enfocar los problemas para los cuales no se podían obtener respuestas indudables, tratando en alguna forma de producir respuestas parciales, tentativas, hasta la reestructuración de nuestro medio ambiente y de nosotros mismos por medio de los frutos de este esquema. Es esa la transición en que nos hallamos; no creo que se vaya a tomar mucho más tiempo, aunque sí se tomará alguno. Todavía estamos en la transición.

Debo volver a calibrarme: mucho fue lo que me conmoví recientemente al escuchar a Roger Revelle, recién regresado de la India, cuando habló de la perspectiva terrible que veía presentarse ante el subcontinente hindú, debido a la ausencia sin precedentes de las lluvias de monzón provenientes del sureste, en el verano de 1965. Tal circunstancia hizo decrecer la cosecha hindú hasta en un 15 por ciento y él la tomó pesimistamente pues era del parecer de que habría de significar inexorablemente el hambre generalizada, una hambre genuina, en muchas partes de la India. Consideró como irremediable tal perspectiva, dados los medios técnicos que tenemos a disposición nuestra actualmente. Aunque los Estados Unidos estuvieran dispuestos y capacitados para actuar prontamente, en el mejor de los casos lo más que podrían hacer es aliviar el hambre, no evitarla. Eso demuestra cuán endeble es todavía nuestra base técnica. Ello no obstante, para el caso de nuestra propia comunidad, para nuestros Estados Unidos, pese a las muchas dificultades que hay en la organización social, el hecho escueto es que hemos resuelto la mayoría de los problemas de la producción doméstica primordial. Para el mundo, no lo hemos logrado. La transición realmente pone a prueba a todas las naciones, para ver si pueden ampliar esta preocupación y esta capacidad hasta cubrir la faz de la Tierra. Quizá no podamos hacerlo, pero al menos cabe afirmar que éste es el siglo en que habrá de hacerse el intento. La evidencia de lo que digo la patentizan los encabezados de todos los periódicos durante los últimos veinte años.

La producción agrícola no se ha ido pero se está yendo, en el sentido de que, aunque siempre presente como la base esencial de la vida, cada vez se confía más de ella a los medios mecánicos. La tarea del granjero será la del supervisor de maquinaria o, aún mejor, la del supervisor de empresas biológicas, y no será ya el granjero solitario que ve hacia el cielo, preocupado por sus cosechas años tras año, sin cambio substancial alguno. Su sabiduría no será la de sus mayores, que han pasado por varias sequías y saben cómo arreglárselas con sólo semillas de melón amargo; la suya será la sabiduría racional de la experiencia, y el control estará en manos del bioquímico, del técnico en suelos y del resto de los expertos que intervengan. Esta es una transformación fantástica; no estamos en modo alguno preparados para ella.

Afirmo que la base misma, las hipótesis sobre las cuales descansa nuestro discurso ordinario, nuestros valores, nuestras inquietudes, va a cambiar con esa transformación. Una vez más, no trato de imponer pautas. A dónde van a dar mis simpatías se puede ver, creo yo, por las profecías carentes de cautela que he hecho, pero no quiero ser normativo. Señalo únicamente que, cuando nuestros antepasados, por fuerza adoptaron la manera de vivir que depende de arañar el suelo, de residir en un sitio y de sacarle frutos a la tierra, destruyeron una forma de vida magnífica, hermosa y heroica. Era la vida del cazador, cuya habilidad en la caza, cuya íntima relación con la presa lo mismo como conquistador que como dependiente de ella, se manifiesta tan fuertemente ante cualquiera que haya estudiado las culturas de los cazadores, que haya conocido a éstos, que haya visto las grandes pinturas étnicas hechas en nuestra época o que se haya maravillado ante las magníficas pinturas en las cuevas de Lascaux. Algo se destruyó que nunca volverá a tenerse. Yo pretendo que es ahora la máquina para bien o para mal, la que se ha tornado en una manera de vivir. Habremos de ver cómo cambian nuestras metáforas, nuestras imágenes, nuestras inquietudes, nuestro ser mismo, al influjo de estas experiencias nuevas.

Llego ahora al meollo de mi tema. Consideramos la educación como una enseñanza, como un quedar expuesto de un modo u otro al total de la cultura heredada, recalcándose en todo caso la capacidad de tomar parte en su transmisión. Es claro que esto también necesitará cambiar. A estas alturas, es perogrullada afirmar aquello de que nadie puede leer todos los buenos libros que se publican cada año. No digamos ya que haya quien absorba su contenido, si ni siquiera cabe acumularlos físicamente. Leerlo todo es algo que se torna imposible aun en un solo campo. Por supuesto que las categorías de bueno y malo requerirían un poquitín de disputas, pero aun así, dando cierto margen generoso a mis colegas, tengo la impresión de que valdría la pena leer algunos de los libros publicados, pero ni siquiera puedo mantenerme al día con una mínima porción de ellos.

Sólo por mencionar un ejemplo, está la publicación *Physical Review*, la revista de archivos de los físicos norteamericanos. Me dicen

que hay buenos artículos (no que yo los lea ya). Sale al mercado cada dos semanas y cada ejemplar tiene tres centímetros de grueso, en tamaño cuarto, con dobles columnas a espacio cerrado de material matemático sumamente condensado. Eso sería un libro de biblioteca cada dos semanas, un libro como aquellos que, cuando yo era estudiante de facultad, me zampaba en seis meses de ardua aplicación, a fin de dominar la mayor parte de su contenido. Que quede perfectamente claro que se trata de una revista especializada. Tiene en la actualidad dos partes, marcadas A y B. El próximo año la van a dividir en seis partes. Ya puede uno imaginarse cómo vendrán esas partes. Recuérdese que no estamos hablando de los chinos, que ni siquiera han comenzado a escribir.

Resulta claro que la implicación es la de la especialización y el rigor de dicha especialización. Ya no quiero seguir con esto; el profesor lo hizo y tiene toda la razón sobre el particular. ¿Cómo podemos habérnosla con esta monstruosidad? Hay una forma de especialización contra la que me gustaría tronar y que no se menciona en los medios académicos. Hay en el mundo académico una especialización que bautizaré con el nombre de especialización de plano horizontal, que se manifiesta cuando el especialista en anatomía nada sabe de lo que realiza el zoólogo. Eso es ya de por sí bastante malo, pero lo que me preocupa es más bien que no surge la estratificación *vertical*, algo que actualmente palpamos donde la mayoría de la gente, aun en un país rico como el nuestro, simplemente se aparta de los temas intelectuales de nuestro tiempo. Por supuesto que así ha sido siempre; en el mejor de los casos, se daban unas cuantas floraciones de unidad de sentimientos, quizá en la época medieval, en torno de las catedrales. Haremos al mundo una injusticia terrible si reservamos el poderío, especialmente en la ciencia, para una "élite" misteriosa, cuyos actos y sus consecuencias transforman así de manera creciente la forma misma de vivir, mientras que las fuentes de tales actos se tornan cada vez más misteriosas para la mayoría de la población. No creo ser duro cuando afirmo que describo así a la mayoría de nosotros en este momento, incluso los que estamos en esta sala. A buen seguro que tal descripción es la de la mayoría de los norteamericanos.

¿Qué nos depara el porvenir dentro de cincuenta años, dado el tipo de transformación de que hablaba hace un momento? Dejadme citar a un filósofo muy cascado en pedagogía pero, aun así, muy profundo. No tomo cita alguna de su obra en el campo de la educación, sino de una obra seminal sobre estética intitulada *Arte y Experiencia*, de John Dewey:

> *Mucho es lo que heredamos de las culturas del pasado. La influencia de la ciencia y la filosofía griegas, de la ley romana, de la religión que tiene fuentes hebreas, sobre actuales instituciones, creencias y maneras de pensar y sentir, es tan excesivamente familiar que no necesita más que mencionarse. Dentro del juego de estos factores se han inyectado dos fuerzas; de origen claramente posterior, que constituyen "lo moderno" en la época presente. Estas dos fuerzas son la ciencia natural y su aplicación en la industria y el comercio a través de la maquinaria y el uso de modos no humanos de energía... Es una manifestación de la incoherencia de nuestra civilización, producto de fuerzas nuevas, tan nuevas que las actitudes que a ellas corresponden y las consecuencias que de ellas derivan no se han incorporado y digerido en los elementos integrales de la experiencia.*
>
> *El problema es tan agudo y de influencia tan amplia que cualquier solución que pueda proponerse es una anticipación que, en el mejor de los casos, puede realizarse solamente por el curso de los acontecimientos. El método científico tal como se le practica hoy en día es demasiado nuevo para que se torne natural en la experiencia. Mucho tiempo pasará antes de que se hunda en el subsuelo de la mente a fin de convertirse en parte integral de creencias y actitudes incorporadas. Hasta que eso suceda, tanto el método como las conclusiones quedarán en posesión de los expertos especializados y ejercerán su influencia general sólo por medio del choque externo y más o menos desintegrante sobre las creencias y por medio de la aplicación práctica igualmente externa.*

Este es el texto que voy analizar a continuación.

Propongo a consideración que el problema clave en este período de transición es estructurar de tal manera el tipo de educación a lo largo y a lo ancho del mundo entero, geográfica, horizontal y verticalmente, que fecundemos así el subsuelo de la mente, produciendo no las flores ostentosas de éste o aquel logro científico, sino el subsuelo mismo del cual habrá de brotar toda otra actividad intelectual. Hasta que tal hagamos, nos encararemos a una sociedad dividida, a una sociedad inestable, tanto en lo interno como en lo externo.

No veo más que una forma general de describir el tipo de educación que cabe en la ciencia. Bien puede ser que lo que digo tenga implicaciones que rebasen el ámbito de la ciencia, pero dejo tales implicaciones para que otros mediten sobre ellas. Una sola manera se me ocurre, y es que el estilo, la forma, el conjunto de valores, los objetivos de la educación, desde el niño más chico hasta la persona jubilada que no participe ya en la vida económica —la educación habrá de ampliarse en tiempo, así como hacerse más honda para toda la población— tendrá que aproximarse al estilo que hoy en día hermanamos en los mejores laboratorios con la investigación científica. Eso significa que habrá de concebirse al estudiante no como alguien que afronta un conjunto de material que hay que justipreciar, aprender o clasificar, sino como un complejo organismo vivo al que se le puede prestar alguna ayuda a fin de que se gane alguna familiaridad con él.

La educación hará hincapié en la derechura de la experiencia. Su fuente no será el libro de texto sino el texto mismo; esto, por supues-

to, no es extraño tampoco para los eruditos literarios. Habrá de implicar el quedar involucrado en algo, una preocupación subjetiva, la magnífica palabra *compromiso*, compromiso intelectual con respecto a ese algo, y *eso* es lo más importante. Generalmente estudiamos lo que es suficientemente interesante como para absorbernos, no porque sea adecuado para la educación general sino porque queremos aprenderlo. Se me figura que no tenemos ya tiempo en este mundo para especificar cuales son los pedacitos y los fragmentos de un conjunto extremadamente complejo de conocimientos que es correcto que todos tengamos.

La educación participará de una cierta intensidad por cuanto que hay en ella el sentido de la participación. Suya será una cualidad específica; tendrá la cualidad de lo concreto, la necesidad de los detalles específicos, pero detalles en todo caso que se ven con interés. En ella residirá una componente mayor de selección personal. No rehuirá el enfrentarse a cuestiones fundamentales. Tratará empeñosamente de habérselas con la índole de la evidencia. ¿Cómo sabéis lo que sabéis? En este respecto, toco ya los problemas que corresponden al filósofo, la tercera porción analítica de la filosofía, el aspecto epistemológico que es indispensable en la diaria labor del científico; aunque no haga las cosas muy doctamente, tiene que habérselas con ellas en forma práctica, recta. No se apocará ante lo novedoso; hará hincapié en la reciprocidad, como hace todo científico en su propia labor semana tras semana, poniendo de relieve la absoluta dependencia de quienquiera que trabaje en actividades intelectuales, de quienquiera que trate de engendrar nuevas ideas, con respecto a muchísimas otras personas, pues nada se puede alcanzar por uno solo. Al mismo tiempo, sostiene un individualismo absoluto, merced al cual no basta aceptar aquello que se necesita, tan sólo porque está basado en la autoridad; preciso es trabarse en lucha con la duda, hasta comprenderlo todo por sí mismo. Nadie puede ahorrarle a uno la molestia. Esta curiosa oposición del individualismo con la dependencia es característica en grado sumo del trabajo de investigación. Es bastante extraña en la escuela elemental tradicional. Lo que alego es que tal dicotomía no puede tolerarse por mucho más tiempo. Todas esas cosas, entonces, sugieren el tipo de transformación que barrunto.

Séame permitido ir más allá. Resulta perfectamente claro que la manera característica de la educación considerada a grandes rasgos, hasta 1865, por no especificar fecha más reciente, no será la manera característica en los años posteriores a 2065. Desecho nuestros actuales años de transición, porque ambos modos de ser están presentes. La educación de los primeros tiempos ponía énfasis en el símbolo y en el uso del símbolo, por cuanto que la utilización del símbolo sería necesaria para conocimientos formalistas y eruditos que podían impartirse al joven que creciera en el ambiente rural, sabedor de primera mano de las fases de la Luna, de la nieve, del ganado y del trigo así como de la forma de desatascar el leño con una ramita. Lincoln no hubiera caminado muy lejos por ver una demostración de mecánica sencilla,

pues a todas horas era testigo de ellas, pero sí que estaba dispuesto a recorrer aquellos trece kilómetros para devolver o para pedir el libro, porque un libro, con su colección convencional, arbitraria, de símbolos, cargados apenas de un poco de sabiduría, era algo que no podía tener de otro modo. En consecuencia, la introducción de los jóvenes a las posibilidades simbólicas: leer, escribir y contar, constituía el meollo. Después, en escuelas mejores, el latín y el griego formaban la comunidad de los doctos. Eran la clave para la educación general, en especial para los caballeros que durante siglos enteros hicieron trabajar al sistema británico. Eran un pedacito del *quadrivium* y del *trivium*, traducido al lenguaje del Harvard de principios del siglo XIX. Eso bastaba para producir al caballero pulido que, a la larga, se convertía en el maestro de escuela o en el pastor, o quizá en un abogado en la sociedad de Massachusetts. Esto mismo describe a otras universidades; no creo que en otras partes fuera el molde menos completo.

Desde hace unos cien años —y en gran medida en torno a la experiencia de frontera vivida por los colonizadores norteamericanos y que fue característica del Medio Oeste hará 120 años y del Oeste hará 75 años— surgió un nuevo elemento: la propagación del modo de vida industrial en claustros que eran vestigios de la que fue hace 1000 años la universidad puramente eclesiástica de París. Y es que el símbolo exige una experiencia más rica de la sustancia; de nada sirve leer si no se tiene la experiencia. Es inútil ser testigo de las doctas conferencias, con brillantes demostraciones en la televisión — o quizá sí tiene alguna utilidad, pero no mucha— si uno mismo no ha tenido ni una sola oportunidad de observar el fenómeno en un contexto diferente. Las raíces de los instrumentos para la investigación que tan extraordinariamente amplían el radio de nuestros sentidos, residen en los sentidos mismos, pues éstos son, a su vez, también, instrumentos. La voluble hipótesis de que aquello que se percibe por la vista y el tacto está dado y todo lo demás se añade a lo dado por la experiencia, la inferencia y la razón, es falsa. Sabemos, gracias a los trabajos del psicólogo, de cualquier buena maestra de escuela para infantes, de las madres y de los niños mismos que, en parte al menos, el niño ha de *aprender* a usar sus manos y sus ojos. El niño elabora hipótesis; sobre ellas forja inferencias de manera compleja y sutil, a medida que aprende a elaborarlas. No es muy fácil demostrar esto pero yo quiero que mi alegato sea explícito.

En cierto sentido, la experiencia del científico es la de todos los individuos de la raza humana, sólo que llevada muy lejos y recubierta del razonamiento que corresponde a los adultos. El científico toma del filósofo, copia del símbolo, mucho más de lo que el niño pudiera hacerlo dada su ingenua experiencia, pero que haya en esto una detracción, eso lo niego. Los sentidos mismos no están libres de la ilusión y tampoco lo está la inferencia. Unos y otra forman una especie de instrumento; ambos deben usarse juntos, con una teoría más o menos explícita de cómo opera el mundo, teoría que se elabora, se

vuelve a fabricar y nuevamente a forjarse, a medida que el tiempo pasa. Quizá el físico ha ido más lejos en busca de átomos, pero los busca de la misma manera en que, cuando era muchacho, empezó por primera vez a desarmar un reloj viejo. El hecho de que no pueda ya ver los engranes dificulta las cosas, pero el hecho es que manipula aquellas partes invisibles casi de la misma manera y encara el mismo tipo de dificultades.

Permítaseme dar un ejemplo. Cuando por primera vez vi a través de un microscopio, me tocó estar en hilera con otros chicos del sexto o séptimo grado, esperando mi turno bastante ilusionadamente. Se trataba de algo grande, era un microscopio de veras; la maestra me permitió ver a través de él, durantes unos quince segundos, algo que ella había preparado. Había otros esperando; cuarenta veces quince segundos significarían una demora de diez minutos y ella no podía permitir que el tiempo previsto se prolongara. Lo que vi fue una buena perspectiva de mis propias pestañas. Una vez que hube mirado a través del microscopio se suponía ya que había de creer en las fotografías microscópicas. Por supuesto que yo era un buen estudiante y que aprendí lo que la maestra me dijo, pero la verdad es que ni idea tenía de cómo se las arreglaban aquellos tipos para descubrir nada que no fueran sus propias pestañas. Pongo a consideración del lector esa idea; la de que esa es la experiencia ordinaria de la humanidad: lo que uno ve en el microscopio son sus propias pestañas.

La visión microscópica del mundo es un aspecto esencial de la ciencia moderna; no me viene en gana alegar sobre eso. Si no hubiera microscopios modernos, no habría ciencia moderna. No hablo de algún recurso en especial, sino de la idea total del tejido del mundo a escala invisible. Esta idea es susceptible de atraparse con sólo ver cuidadosamente a través de un microscopio barato durante un ratito, pero no viendo vuestras pestañas durante quince segundos ni aun con el mejor aparato de la marca Zeiss. Lo que sí requiere no es una docta investigación de los nombres de las células o una disquisición sobre cómo la tinción hace resaltar las mitocondrias de manera que podáis llamarlas aparatos de Golgi. No es esa la idea; la idea es que se tenga alguna oportunidad de ver que éste es el instrumento, con su propia lógica y sus propios rasgos distintivos, y que se le pueda mirar desde aquí y desde allá. El aparato, literalmente, no "hace más grandes las cosas".

Si damos a los chicos de diez años la oportunidad de hacer eso, lo harán muy bien. Mi esperanza y mi opinión es que tal circunstancia puede significar una diferencia apreciable, no en el grado en que aprendan de los libros las respuestas sobre cómo son en verdad las cosas microscópicas o de qué manera se dibujan, sino en el grado de convicción, de *productividad* que dichas ideas tendrán en su futura vida intelectual; de ahí el punto clave. No es preciso que veamos a través de un microscopio para que nos hagamos cargo de que el microscopio nos muestra al mundo bajo el influjo de una gran amplificación, lo que le da un sesgo muy extraño, pero la mejor manera de

que hagamos nuestra esa sensación es, según creo, mirar nosotros mismos a través del microscopio; entonces se convierte en algo bastante familiar, no sólo congruente consigo mismo.

Para enterarse cabalmente de esto basta con observar la obra de los grandes fundadores de la ciencia moderna en el siglo XVII. Un ejemplo lo da Robert Hooke, extraño genio londinense de ese mismo siglo. Mes tras mes tenía que dar dos demostraciones nuevas para la junta de la Sociedad Real, y tan magníficas eran que casi cualquiera de ellas podía haber merecido el premio Nobel, por así decirlo, en el mundo contemporáneo; sin embargo, entonces no se le daba importancia. Era él un demostrador pagado y por tanto le correspondía hacerlo, y lo hacía. Admitiré, por supuesto, que era más fácil en aquellos días. Su gran libro *Micrographia* fue la primera exploración en Europa, en lenguaje popular, del mundo microscópico. Afirma en él que todo lo que se necesita es el microscopio, "un ojo veraz y una mano sincera para registrar fielmente las cosas mismas según aparezcan". Y nos dice cómo hacerlo: no veáis tan solo bajo una luz, moved el haz de luz alrededor; intentad un ángulo y después otro. Bien pronto seréis capaces de reconstruir la realidad.

Nótese que no es la cosa dada de los libros de texto. (Me gustaría entrar en la discusión entre Feigl y Feyerabend relativa a las raíces de la ciencia, porque pienso que en ella se dejaron fuera bastantes cosas). Los libros de texto dejan la impresión de que la fotografía microscópica es algo dado. En realidad no lo es. Mientras se use el texto, en la página 32 está la ilustración. Esa me la puedo aprender pero si trato de hacer la ilustración, producirla por mí mismo a partir del material, que me resulta tan difícil como lo fue para los expertos que la hicieron, la cuestión es diferente. Aquellos expertos se esforzaron para que la iluminación fuera correcta; es más, se afanaron para que el material estuviera correcto, antes que otra cosa; tuvieron que encontrar la célula correcta en las condiciones correctas, evitando que se dieran dos células, una encima de la otra, una basurita a la que le da la gana meterse entre el portaobjeto y el cubreobjeto —siempre aparecen basuritas en las preparaciones— y, en fin, muchas otras cosas. La teoría siempre requiere las condiciones correctas, pero la cuestión es: ¿Cuáles *son* las condiciones correctas?

En concreto, es excesivamente sencillo argüir a partir de cosas dadas, pero la ciencia es característicamente no aquello que está dado, sino lo que en alguna forma se arrebata a un complejo y zumbante medio ambiente. Tampoco es un acto lógico y no lo es porque exige manipulación de lo que es del mundo, transformándolo de muchas maneras. Considero que a menos que este tipo de comprensión respalde mi conocimiento científico, lo que aprenda es, en el mejor de los casos, una mitología plausible. Una ciencia así quizá sea tan buena como la de Aristóteles, pero no creo que sea mejor. En realidad es bastante menos razonada, puesto que Aristóteles prevé objeciones para cada punto. Hoy en día dichos argumentos desaparecen suavemente por la vía de los libros de texto. En consecuencia, participo vehemente

de la opinión de que el tipo de educación que debemos buscar en el campo de la ciencia ha de hacer hincapié en la índole de la evidencia. La índole de la evidencia no es principalmente lógica sino primariamente experimental, lo que no significa en modo alguno que la lógica esté separada del experimento. Lo que no podemos hacer es separar por filtración lo que se razona de lo que es empírico. No se trata de cuánto es dado ni de que vengan dadas masas iguales. Tuvimos que descubrir si se equilibran o no los brazos iguales de una balanza. El hierro y el azufre, de que hablaba el profesor Feigl, están requetebién, pero me pregunto: ¿lo habrá intentado? Resulta que, usualmente, no forman una combinación de proporciones iguales. En ocasiones, el mecanismo es tal como lo describe el libro; sí, señor, así sucede alrededor de siete de cada diez veces. Preciso es que nos enfrentemos a eso. ¿Desecharlo como error experimental? Sí, señor, siempre que sepamos la respuesta.

Yo mismo tomé parte en un experimento famoso que les es familiar especialmente a todo escolar de la comunidad británica de naciones y, creo, a no pocos de nuestro propio círculo. Sobre agua y dentro de una campana de cristal se enciende una vela; el aire se transforma y entonces sube el nivel del agua. Se mide el cambio de volumen. Resulta de 15 a 20 por ciento; esto demuestra, se afirma, que la combustión de la vela usa todo el oxígeno antes de apagarse. Las aseveraciones ciertas de orden cuantitativo que la mayoría de las personas con un mínimo de educación pueden expresar con respecto a la estructura de la materia, son que el agua es H_2O y, en segundo lugar, que el aire es 20 por ciento oxígeno. Si no sabemos algo más sobre oxígeno o sobre porcentajes, sí sabemos que el aire es 20 por ciento oxígeno. Es dato que se enseña de ordinario e incluso es cierto —circunstancia que le da una cierta ventaja sobre otras cosas, que se enseñan bien, pero que no quedan demostradas en manera alguna por ese experimento—. Lo hemos demostrado de varias maneras diferentes. Todavía nos llegan objeciones reiteradas por publicarlo. ¿Cómo podemos atacar 100 años de demostraciones científicas en las aulas escolares? Pero es que en realidad estaban equivocadas. Lamento decirlo, pero ese es el hecho. La subida del agua no depende únicamente de que se agote el oxígeno por combustión. Primeramente, la vela se apaga aunque hay todavía la mitad del oxígeno; es la velocidad de la combustión la que afecta a la vela. Cuando el aire tiene un ocho por ciento de oxígeno, usualmente deja de arder y se apaga. Ello no obstante, el agua sube un 20 por ciento. ¿Por qué? Porque la elevación del nivel de agua tiene que ver con el aire calentado, que se expande para impulsar el agua fuera del tubo, y así sucesivamente. Normalmente se apaga la vela aun cuando queda más que bastante oxígeno. El grupo de personas que realizaba este experimento para un nivel de educación elemental puso ratas blancas dentro de la campana, las cuales permanecen satisfechas y tratan casi de continuo de comerse el cabo de la vela. Supongo que, en la teoría clásica, eso demuestra que las ratas pueden arreglárselas sin oxígeno.

La lección que de todo esto se desprende es muy clara. Hubo quienes realizaran ese experimento, no porque fuera un experimento honrado sino porque se les requirió que así lo hicieran. Penetremos en el seno de estas complejidades; parece tan sencillo pero la realidad es que el individuo que urdió ese experimento (no sé quién fue) hará unos cien años, así lo hizo, basándose en una serie muy prolongada de experimentos sobre gases. Cuando dio principio al experimento, ya había él meditado exhaustivamente sobre todas aquellas cosas que se necesitaban para que el mismo saliera bien, pero, merced a la elisión de todos esos detalles y preocupaciones, se perdió el sentido del experimento, pues quienes lo realizaban posteriormente nunca se preguntaron a sí mismos: ¿No hay ya oxígeno? ¿Qué se hace para demostrarlo? Se establece un control; lo primero que se descubre es que *no* se ha consumido el oxígeno. Después, ¿qué son esas variaciones que se encuentran en cualquier experimento? Si, por ejemplo, el experimento se realiza sobre una capa de arcilla, es despreciable lo que sube el agua, dado que la arcilla sella al tubo. El punto es que no es sencillo comprender ni siquiera un sistema pequeño como ese, si somos honrados en nuestra observación. Por supuesto que se puede grabar en la memoria, de modo que cuando llegue el examen y se pregunte: "El porcentaje de oxígeno en el aire es de...; ¿2, 20, 100?" se llena la casilla correspondiente, se obtiene la respuesta correcta y se ingresa en la universidad de Harvard. Es ésta una caricatura de nuestros tiempos, sí, pero no está trazada a grandes rasgos. El hecho concreto es que casi no hay experimento que sea fácil. Los experimentos son algo endemoniadamente difícil de realizar.

Cuando yo era todavía escolar, escuché a los filósofos afirmar (y todavía, lamento tener que decirlo, me insisten en ello) que lo que había que hacer era presentar ante los alumnos el experimento, pues una vez hecho eso, se sabe a ciencia cierta que el experimento es siempre el que gobierna. Creo en eso como principio general. Supongo que sería traición no creerlo. Sí que lo creo, pero el hecho es que en un grupo de estudiantes de nivel superior de física contemporánea, en el que se discuten problemas contemporáneos —estoy seguro de que es cierto en biología, astronomía, física y otras ciencias— siempre hay experimentos que contradicen la teoría, y esta sigue siendo válida. Ahora bien, ¿por qué es eso así? Porque chapuceamos el experimento, como hacemos con casi todos los experimentos, sencillamente porque son extremadamente difíciles de realizar. El experimento de la vela da la pauta para cualquier otro tipo de ensayo. El mundo no se entrega como una concatenación lógica; el mundo se da como mundo real en el que hay corto circuitos, aire que se cuela, velas que consumen únicamente la mitad del volumen de oxígeno y cosas por el estilo. No todo eso está estipulado en las condiciones, y es por ello que proseguimos y afrontamos un experimento una y otra vez, hasta que realmente se realiza a la perfección, analizado hasta el tope. Ahora bien, este tipo de participación en la experimentación puede asegurarse en el nivel sencillo de la combustión

de una vela o de ver a través de microscopios, pero no puede lograrse toda a partir de los libros, jamás para ninguna generación. Incluso lo que digo sobre la vela puede escribirse en un libro y aun así no tener efecto alguno. No estoy seguro de que haya algo que pueda lograr un efecto completo, pero sí lo estoy de que sólo habrá de servir una participación directa en la cuestión.

Soy todavía un optimista en lo educativo. Casi todos los niños, antes de entrar en el sistema escolar, aprenden la más difícil, la más sutil y la más útil de todas las habilidades intelectuales: cómo hablar la lengua materna. Si hubiera que enseñarla en la escuela, vacilo en pensar lo que le sucedería al mundo. Ahora bien, esa lengua que aprenden (cito la frase común) de mamá, y también de sus iguales, es a todas luces el más importante de todos los aprendizajes. Es un estudio simbólico, pero se aprende en un contexto social y se enseña con una gran dosis de bondad; se trata de un aprendizaje en el que la relación maestro-estudiante es muy favorable, un aprendizaje que se logra sin exámenes. Quienquiera que hable su lengua materna sabe que en los siguientes treinta segundos podrá con bastante facilidad decir toda una oración que nunca antes haya dicho, y que le es posible entender oraciones como las que ahora mismo digo, aunque nunca las haya escuchado expresadas precisamente de la misma manera. En manera alguna eludimos esta novedad que supone la recombinación de vocablos. Si no conocemos la lengua, nos es imposible actuar. Yo no sé alemán y, sin embargo, puedo decir *Guten Abend;* puedo hacer lo mismo en francés y lo hago un poquitín mejor en italiano, pero en todos esos idiomas soy improductivo. A duras penas puedo hacer que de mi boca salgan algunas frases, y luego estoy perdido: puedo hablar sólo afanosa y penosamente. Creo que a muchos nos sucede igual.

Aprendemos de manera diferente la lengua materna y alcanzamos un saber de tipo diferente. Lo que aduzco como tipo conveniente de aprendizaje es el saber productivo de quienes dicen oraciones inglesas, que preguntan y entienden nuevas oraciones inglesas sea cual fuere su complejidad. No se necesita que sean muy elaboradas; bastante cierto es que siempre podremos aprender más maneras complejas de expresarnos sobre las cosas, pero el niño deja de mirar los anuncios de la escuela Berlitz de lenguas, para afirmar que puede hablar en su jerigonza infantil mejor que otros —por fuerza la debe haber aprendido en una escuela muy buena, porque el número de los que se expresan en su jerigonza dentro de los Estados Unidos es muy reducido. ¡Sin embargo un chico de cinco años puede hacerlo! ¿Cuál es la razón para que así suceda?—.

Concedo que este alegato cojea, pues hay variaciones ambientales importantes que podrían afectarlo. Quizá lo que pasa es que los chicos son más aptos para aprender lenguas ahora de lo que nunca más serán para cualquiera otra cosa (hay alguna evidencia de eso); aun así, no creo que podamos argüir que todos los otros criterios carecen de importancia. Sostengo que hay muchas razones en pro de su bondad. Participación intensa, recompensa esencial en términos de tiempo para otros afanes, un estudio minucioso, ausencia de exámenes. Es extraordinario el tono emotivo en el que se aprende el lenguaje. Un niño aprende las palabrotas cuando se enfurece con sus iguales en los juegos callejeros y éstos le golpean; aprende canciones de cuna y plegarias, aprende aseveraciones formales que debe repetir con precisión cuando así se le ordene, se le dan sin reserva bagatelas juguetonas. Todo esto es para los infantes de cinco años. Es perfectamente cierto que todas estas cosas constituyen el caso; dudo mucho que haya una sola persona que, habiendo aprendido una lengua como idioma materno, no haya tenido ese tipo de experiencia. Aquellos que aprenden bien idiomas, que alcanzan su conocimiento productivo, se han colocado a sí mismos en un contexto en que les es dable hablarlos y usarlos de muchas maneras diferentes.

Lo anterior difiere bastante del camino que seguimos en la ciencia. La prosecución de la ciencia, en su mayor parte desde el siglo XIX, se desenvuelve en una atmósfera magna de perfección austera y prohibitiva. Hablamos de *las ciencias exactas.* Vemos los delicados instrumentos de bronce bajo campanas de cristal, el laboratorio austero, el científico vestido con un traje negro (como ocurría hace cien años) o con una bata blanca (como sucede en la actualidad). Tanto una cosa como otra son un teatro desaforado, aseveración que puede verificarse con sólo mirar cualquier laboratorio. El tono emotivo en el que la escuela se dedica a la ciencia, no tanto la forma en que los científicos lo hacen, es el tono emotivo refrenado que acabo de describir. Nada tengo en contra de él, puesto que yo soy un admirador de lo austero, lo parco, lo frugal, lo funcional, pero pongo a consideración del lector que realizar todo en un todo emocional cuando se trata de meta tan compleja y profunda como es el progreso de la educación científica constituye una grave equivocación y un grave error. Bastante seguros podemos estar de ello. Sospecho que la extraordinaria discrepancia entre el número de mujeres y el número que entran al cultivo de la ciencia en cualquier nivel tiene mucho que ver con ese exigente tono emocional en que está engastada la ciencia. Ese tono nada tiene en absoluto que ver con la mayor parte de la ciencia. Generalmente la conducta del investigador le da un mentís. Las chanzas y la frivolidad que pueden rodear a un sincrotón no tienen cabida en las aulas. Pero eso es absurdo. A buen seguro que, si hay necesidad de ese tipo de relevación, no se les negará a los niños más chicos. Cuanto más profesionales nos tornáramos para ganarnos la vida, más buscaríamos una meta de grandes alcances, más abrumadora sería nuestra motivación y menos necesitaríamos la laya de humanismo, en el sentido estrecho de la palabra, que rodea a la mayoría de las compañías de laboratorio que han tenido éxito.

Una vez más hay un espectro amplio y una vez más no sería yo partidario de insistir en una pauta fija. Existen laboratorios y científicos de gran éxito que todavía trabajan con apego a dicha manera austera tradicional; tienen perfecto derecho a hacerlo así, si les place.

Personas hay que actúan de esa manera toda su vida. Nada tengo que decir en pro ni en contra. No juzgo a las personas sino que afirmo que la sociedad contiene individuos de muchos tipos y que imponer la creencia de que un cierto tono personal debe formar parte de determinada actividad intelectual es prohibir ésta a la mayor parte de la comunidad.

Tengo una impresión que no pude documentar; la de que el siglo XIX es el responsable de ese molde, el cual nace, junto con el utilitarismo, a principios de esa centuria. El señor Bentham, cuyo esqueleto pende tan austeramente en la sala de conferencias de la universidad de Londres, fue quien lo hizo para nosotros. En nada concuerda con el estilo de los maestros del siglo XVII, artífices de los inicios de la ciencia moderna. Vesalio, en las grandes placas de su *Anatomía del Cuerpo Humano*, en nada se desdora por dibujar tras de las sucesivas figuras del cadáver, el paisaje toscano que pasa a través de las cuatro estaciones. Con el hombre completo nos encontramos en el verano; para cuando llegamos a los restos que forman los huesos del esqueleto hay detrás de ellos el inhóspito paisaje del invierno, en el que los árboles desnudos, los esqueletos de los árboles, se muestran detrás del esqueleto del hombre. Ahora bien, no es mi deseo dar un énfasis excesivo a este caso; no es mi punto de vista el que con sólo añadir belleza artística a las ilustraciones de los libros científicos se alcance el éxito, tampoco es mi opinión que todos podamos ser artistas tan buenos como aquellos grabadores lo fueron ni considero que cabe al mundo científico la obligación de aprender a recobrar la ingenuidad y la frescura que caracterizaban a sus inventores.

Sería agradable tener de nuevo algunas de esas cosas, pero mi argumento es más poderoso, pues se refiere a que, a menos que nos ampliemos a nosotros mismos para *incluir* este tono de alguna manera, estamos perdidos. No tendremos éxito en hacer de la ciencia parte del subsuelo de la mente: quedaremos divididos, porque el técnico repelará al lego y esa división crecerá y crecerá. Son terribles los peligros a que se enfrenta una sociedad dividida y es tal su magnitud que ningún establecimiento educativo, en especial ninguno consagrado a preservar la unidad moral del hombre, como lo hace esta universidad, podría tolerarlos. Debemos procurar encontrar maneras. No suprimir lo agudo, lo severo, de la ciencia —no es esa mi idea— sino añadirle lo que puede embellecerla. Eso se aproxima más a lo que quiero decir.

Finalmente, debo en este contexto tocar otro punto. A fin de cuentas, quienes practican la ciencia en el nivel de la investigación trabajan en ella no sólo porque se trata de un buen empleo, no únicamente por sobresalir, no meramente porque hay un acertijo lógico que resolver sino, también, por razones muy hondas, por razones estéticas. La mayor parte de la gente da muestras de una reacción estética instintiva muy semejante, ante la presencia de muchas cosas que participan de lo que es un laboratorio. Los físicos de quienes sé muy bien que tienen esos otros motivos que mencioné, responden de

manera análoga ante cosas como la "superpelota", los acertijos que publican las revistas y miles de otros juegos y pasatiempos. No creo que estas cuestiones estén separadas. El elemento de juego es indispensable para la mayoría de la actividad intelectual; es un combinar y volver a combinar sin la constante exigencia de que cada pauta tenga que tener un significado funcional. ¿Puede el pintor o el poeta, o incluso el erudito, con toda honradez decirse a sí mismo que no ha actuado así? En sus nuevas formulaciones, en sus profecías, aunque no necesariamente en la forma final que se alcanza después de que ha ocurrido un cuidadoso procedimiento de filtración, sino en la formulación inicial, reside el proceso combinatorio mismo que llamamos juego. ¿Qué es el juego tal como lo observamos en los animales? No hay duda en lo que se refiere al jugueteo del gato, pese a que es un tema profundo y admito que no sé mucho sobre ello, pero puedo ver en el retozar del animal su preparación para la caza. Su juego carece de significado por sí mismo y, sin embargo, es una verdadera preparación para la caza. Veo pues en el retozo del ser humano la caza en pos de ideas originales, la persecución del orden, el huroneo para hallar pruebas de su propia fuerza. Si restringimos estas actividades, si las suprimimos en la educación o si las eliminamos en las escuelas, cometemos un grave error. Preciso es que utilicemos el juego.

Me gustaría asimismo instar a que se amplíe considerablemente el contexto en que estudiamos y enseñamos las ciencias y, por implicación, aunque carezco de autoridad para afirmarlo sin lugar a dudas, muchos otros tópicos. El mundo está lleno de personas que se ven amenazadas por el tedio. Es una característica del mundo moderno, que ha dado la espalda a la producción primaria, aunque cabe traer a colación el hecho de que el poblado de indios, aunque muy activo en la estación adecuada es, en la estación propicia, sumamente perezoso. El hombre tiene siempre problemas de esta laya, pero nuestros problemas modernos son especiales. Tómese el vuelo aéreo, que es una experiencia de poca monta pero que se repite mucho entre muchas personas influyentes de nuestra sociedad. Noto que mis compañeros de viaje muy frecuentemente malgastan su tiempo en actividades que no se compadecen con sus capacidades, ni en sentido juguetón ni en forma interesante. Me gustaría presenciar, como un mero ejemplo —ejemplo que pudiera multiplicarse cien veces en la sociedad entera—, que se realizara un esfuerzo para producir en quien viaja el deseo de leer algo del mundo, leer no sólo libros, no únicamente James Bond, sino la amplia gama de fenómenos meteorológicos, geográficos, sociológicos y físicos del país que se va desplegando por debajo del aeroplano. El mundo de allá abajo, en el que vivimos, ya sea que se trate de nubes o de tierras labrantías, es legible. Si me sentara junto a un experto capaz de disertar sobre cualquiera de estos temas, vería que puede urdir una narración fascinante con apoyo en uno de ellos. Los físicos que son conocidos míos pueden muy bien ir trazando el rumbo del aeroplano como si fueran navegantes o bien sostienen pendiente de un pedazo de bramante un

reloj o un herrete, para ver cómo oscila según acelera o desacelera el avión. Es, en microcosmo, el lanzamiento de un cohete.

Lo que afirmo es que en nuestro mundo nos hemos retraído en alguna forma. No existe un contexto rico de participación intelectual a un nivel sencillo, retozón; de ahí que no tengamos todavía un subsuelo fértil para las ideas científicas. Si lo tuviéramos, entonces todos poseerían hermosas virtudes varias. Por supuesto que no es preciso que todos sean iguales; no hace falta que todos estudien Acelerometría I y II para poder viajar en aeroplanos; eso no es lo correcto, pero, ¿por qué no llevar a bordo mil folletos, ideas pequeñas, cosas para recortar, dispositivos para juegos de todo tipo? ¿Por qué no se hace extensivo el concepto de los campos de recreo, a toda otra actividad de las horas libres? Carecemos de un montón de estas cosas que exige la gente, que sabe que forman parte de algo interesante y valioso que hacer, que goza con ello, que simplemente le toma gusto a las menudencias de la ciencia, del mismo modo que le causa placer la concepción cosmológica de grandes vuelos. Ambos extremos deben estar presentes; en pocas palabras, hasta que no se mejore esta situación no veremos un mundo en el que la ciencia se hermane realmente con la vida intelectual. Hasta entonces sus símbolos, sus metáforas, su comunidad total, estarán ausentes del cotidiano vivir.

Presento a consideración, como cuestión esencial dentro de la educación para los próximos cien años, la siguiente: tratar de producir un subsuelo con riego tan adecuado que propicie el crecimiento de todas las formas según sus diversas maneras. Habrá de incluir también (quizá sea ya obvio por consideración de lo hasta ahora asentado) una defensa del aficionado, un apoyo a la afición amplia a la ciencia, como la hay de una afición dilatada a la literatura. ¿Para qué "lectores serios" escriben los novelistas? Es cierto que muchos de ellos escriben para otros novelistas, y para unos cuantos críticos, pero generalmente se sostiene que no es esa la manera más sabia de mantener una literatura viviente. El mundo suministra la materia prima de los novelistas, pero también proporciona la de la ciencia. El mundo está aquí con nosotros; no podemos escaparnos de él, ni siquiera encerrados en nuestra celda de aislamiento, pues aun así lo palpamos. Este es el tipo de actitud en cuya prosecución espero que las escuelas encaucen sus afanes.

Todo orador productivo de la lengua inglesa, esto es, todo individuo común y corriente así como todo científico que se ocupa de la investigación, sabe que continuamente aprende, transforma y formula; constantemente estudia; de los periódicos aprende cosas nuevas. El estudio es cuestión de poca monta en el lenguaje, pero esa es precisamente la razón por la cual el lenguaje es productivo; he ahí por qué las personas pueden leer y repetir, combinar y formar palabras nuevas, y tener ideas novedosas. Ahora bien, no resulta fácil continuar a través de estas estrecheces. No he hablado de todo ello con detalle suficiente como para que veáis cómo podría llevarse a cabo en el contexto escolar o fuera de las escuelas: de qué manera podría

realizarse para niños de muy tierna edad o cómo podría hacerse para personas ha mucho tiempo alejadas de los años escolares. Estimo que la escala del tiempo de nuestras consideraciones es tan prolongada que no necesito hablar de nuestros problemas contemporáneos ni de los esfuerzos para intentar resolverlos. A buen seguro que son muy numerosos y seguramente que hay mejores ideas que las que hasta ahora hemos visto; empero, creo que la dirección y el sentido de lo que estoy diciendo habrá de tornarse algo más claro merced a la repetición de los ejemplos.

Llego ahora a esa unidad que ha sido la preocupación implícita de muchos oradores en contra de la resquebrajadura de nuestra cultura. Es evidente para todos nosotros, tal como empecé afirmando, que nunca será completa la unidad. Es indispensable la especialización dado que el volumen de conocimiento es abrumador, pero hay un tipo de unidad, una unidad de método y participación, que es más amplia que una mera unidad del tema del discurso. Muchas son las actividades de los hombres y de las mujeres —las actividades del dedicado maestro de latín en las escuelas secundarias, las de la maestra del jardín de niños, las de la bailarina, las del buen pescador, las del litógrafo, las del científico— muchas son las actividades, digo, a las que caracteriza una prosecución, una especie de fuego, de chispa, de preocupación por las consecuencias mismas, no meramente por la satisfacción de un requisito indispensable de la comunidad. Los parlamentarios del siglo XIX en la Gran Bretaña aprendían latín y griego; hasta donde yo sé, ni un solo buen poema en latín salió del caletre de aquellos estadistas, que durante dos siglos estudiaron cómo escribir poesía latina en las mejores escuelas de Inglaterra. No dudo que algo se ganó con ello, una especie de comunidad. Sabían que si pronunciaban su famosa "partícula falsa" en la Cámara de los Comunes, ésta se vendría abajo de risa. Bien, eso era ventajoso, pero, aunque cabe en lo posible que todavía hoy fuera conveniente, será cada vez menos cierto, en el futuro, que pueda cualquier parte importante de la población alcanzar esa suerte de comunidad. Eso es simplemente, porque las historias del mundo y la variedad de las tradiciones, al entrar hoy en día en contacto, lo hacen en un ámbito excesivamente amplio.

Hice observar desde el principio mismo, que hablo de una época futura que dista alrededor de cien años de este momento y en la cual la contribución a cualquier esfera particular de la vida intelectual será tan grande en chino, o quizá mayor, que en cualquier otra lengua y, por supuesto, no habrá de faltar en inglés, en español o, si me apuran, en la jerigonza infantil. Esta clase de mundo es más de lo que podrían absorber nuestros eruditos. No es el mundo entrevisto por los eruditos del pasado; no podría serlo, dada la naturaleza de las cosas. Un hombre educado sabía latín y hace 500 años bastaba con que supiera un vernacular o dos. Luego, fue el francés; por supuesto que todo mundo sabía francés y dondequiera que hubiera un hombre bien educado proveniente de algún país de Europa, Escandinavia, los Países Bajos o incluso la vieja Rusia, un hombre así

se expresaba hermosamente en cuatro o cinco lenguas. Le hago toda justicia, pero ni siquiera eso puede comenzar a abarcar las lenguas del hombre: El Esperanto fue una "lengua universal", formada con base en las lenguas romance. ¡Es obvio que a los japoneses y a los chinos les costaría mucho trabajo aprender eso! No es éste el estilo del mundo por venir; nuestro mundo es muchísimo más abierto. Nuestro mundo va a exigir, creo yo, una comunidad que se base en otras cosas.

Me parece que puede cimentarse, tanto como sobre cualesquier otra cosa, sobre un sentido de la novedad, de honda participación, sobre aquellas tendencias emocionales y metodológicas que arrebatamos a la experiencia con el material mismo. Es éste un papel que la ciencia puede desempeñar, porque la ciencia, más que el resto del campo de la cultura, trasciende a la tradición; la ciencia se encuentra en todos los países, en todas las edades, en todos los niveles sociales. El mundo responderá, otorgará alguna recompensa o reforzará una predicción correcta cada vez que rebotemos una pelota o miremos a través de un tubo, independientemente de que provengamos de una clase social privilegiada, de que nos expresemos soezmente o con acento vulgar, de que tengamos una cicatriz en la cara o de que, en términos generales, seamos una criatura despierta y prometedora o una depravada y que nos desilusiona. Hay en el mundo físico una recompensa garantizada para la virtud de la veracidad; la oportunidad de alcanzarla se la debemos a todos los hombres. Un sistema educativo en este mundo tan opulento, tan amenazado, tan evidentemente en transición, habrá de edificar sobre eso. En algún punto de esta región reside la comunidad más amplia del futuro. Bien podría resumirlo todo en una oración: esa comunidad un día habrá de residir —no vacilo en usar la palabra correcta— en el común deleite en el progreso de la inteligencia de los hombres.

COLABORADORES

Ludwig F. Audrieth, nacido en Viena, Austria, en 1901, fue declarado recientemente profesor emérito de química en la Universidad de Illinois. Fue agregado científico de la embajada de los Estados Unidos en Bonn y consultor científico, durante algunos años, del Departamento de Estado. Coautor de *La Química de la Hidrazina* y de *Solventes No Acuosos*, su principal interés en los años recientes es el tópico de su ensayo en este volumen.

Milton Burton, nacido en Nueva York en 1902, fue jefe de la sección de química de la radiación en el proyecto de energía atómica de la Universidad de Chicago, 1942-1945, y es en la actualidad profesor de química en la Universidad de Notre Dame, así como director de su laboratorio de radiación. Coautor de *Fotoquímica y el Mecanismo de las Reacciones Químicas*, ha sido conferencista para la Fundación Fulbright y miembro de la confraternidad Guggenheim.

Michael J. Crowe, nacido en Minneápolis, Minnesota, en 1936, es profesor auxiliar del Programa General de Estudios Liberales de la Universidad de Notre Dame. Posee el grado de doctor en filosofía en Historia de la Ciencia, de la Universidad de Wisconsin, y se especializa en la historia de la física y las matemáticas del siglo XIX. Es autor de *Una Historia del Análisis Vectorial*.

Farrington Daniels, nacido en Minneápolis, Minnesota, en 1889, es actualmente profesor emérito de química en la Universidad de Wisconsin e investigador asociado del laboratorio de energía solar. Autor, entre otros libros de *Preparación Matemática para la Química Física* y *Cinética Química*, ha sido vicepresidente de la Academia Nacional de Ciencias y presidente de la fraternidad Sigma Xi y la Sociedad Norteamericana de Química.

Herbert Feigl, nacido en territorio del Imperio austrohúngaro en 1902, es profesor de filosofía en la Universidad de Minnesota y director del Centro de Minnesota para la Filosofía de la Ciencia. Autor prolífico, es colaborador de la influyente serie de *Estudios de Minnesota en la Filosofía de la Ciencia.*

Erwin N. Hiebert, nacido en 1919 en Saskatchewan, Canadá, es profesor de historia de la ciencia en la Universidad de Wisconsin. Es autor de *El Efecto de la Energía Atómica* y de *Las Raíces Históricas del Principio de Conservación de la Energía.* Su interés se ha centrado en la historia y el pensamiento de la física a partir de 1800, con énfasis especial en la historia de la termodinámica.

Richard Mckeon, nacido en Nueva Jersey en 1900, es profesor de servicios distinguidos de griego y filosofía en la Universidad de Chicago y filosofía en la Universidad de Chicago. Autor de *Libertad e Historia* y *Pensamiento, Acción y Pasión,* ha sido delegado de los Estados Unidos ante la UNESCO, presidente del Instituto Internacional de Filosofía y de la Sociedad Filosófica Norteamericana.

Philip Morrison, nacido en Nueva Jersey en 1915, es actualmente profesor de física en el Instituto Tecnológico de Massachusetts. Fue físico y director de grupo en Los Álamos, y sus intereses recientes en la investigación se han centrado en las zonas avanzadas limítrofes de la astronomía y de la física de las partículas. Participa activamente en la empresa Educational Services Incorporated, cuyos programas para la revisión de los cursos de ciencia de las escuelas secundarias se han adoptado ampliamente.

Elizabeth Sewell, profesora de inglés en la Universidad de Fordham, ha publicado una colección de poemas así como varias novelas y estudios literarios. Inglesa de nacionalidad, es poseedora del título de doctora en filosofía de la universidad de Cambridge, en Inglaterra, y doctora honoraria de literatura del Colegio San Pedro, de Jersey City. Entre sus libros se encuentran *La Metáfora Humana* y *La Voz Órfica.*

John E. Smith, nacido en Brooklyn en 1921, es profesor de filosofía en la Universidad de Yale. Autor de *El Infinito Social de Royce, Convicciones sobre Valores y Educación Superior, La Razón y Dios,* y *El Espíritu de la Filosofía Norteamericana.* Ha sido conferencista Dudleiano en la Universidad de Harvard y profesor visitante en la de Heidelberg.

INDICE